Problema cauzalității în fizica modernă

I. V. KUZNEȚOV
N. F. OVCINNIKOV
A. I. UEMOV
S. T. MELIUHIN
I. V. SACIKOV
G. A. SVECINIKOV
M. E. OMELIANOVSKI

Scanned with OKEN Scanner

Academia de Ştiinţe a U.R.S.S.
Institutul de filozofie

Problema cauzalităţii

Scanned with OKEN Scanner

în fizica modernă

Sub redacţia lui
I. V. KUZNEŢOV,
N. F. OVCINNIKOV
şi M. E. OMELIANOVSKI

EDITURA ŞTIINŢIFICĂ

Bucureşti 1963

Scanned with OKEN Scanner

În romînește de *E. Friedländer*
Membru corespondent al Academiei R.P.R.

Coperta de *I. Petrescu*

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ФИЛОСОФИИ
ПРОБЛЕМА ПРИЧИННОСТИ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКЕ
Издательство Академии Наук СССР
Москва — 1960

Scanned with OKEN Scanner

Problema cauzalității a fost din totdeauna o problemă dintre cele mai importante ale filozofiei și ale științelor naturii. Întreaga dezvoltare a științei s-a desfășurat sub semnul principiului cauzalității; toate succesele ei reale s-au sprijinit pe acest principiu și i-au furnizat principiului însuși, mereu, noi și noi justificări ce au condus la îmbogățirea sa continuă. Așadar, interpretarea principiului cauzalității nu rămîne imuabilă pe măsură ce știința se dezvoltă. Sînt dezvăluite succesiv noi aspecte ale conținutului principiului cauzalității; legătura lui cu alte legi generale ale naturii este cunoscută mai profund și mai concret, se clarifică importanța lui pentru forme fundamentale de existență ale materiei, cum sînt spațiul și timpul. Progresul științelor naturii a introdus mereu elemente noi în forma de exprimare a acestui principiu, prin diverse relații matematice.

Sarcina filozofilor și a cercetătorilor naturii constă în a analiza cu grijă toate aceste date, pentru a elabora o interpretare și mai profundă și mai adecvată a principiului cauzalității în raport cu natura lucrurilor.

În ultimele decenii, principiul cauzalității a fost ținta unor atacuri neîntrerupte din partea filozofilor idealiști și din partea cercetătorilor naturii orientați spre idealism. Dar aceste atacuri nu sînt de loc încununate de succes. Nici una dintre teoriile actuale din domeniul științelor naturii care are dreptul de a pretinde o oarecare atenție din partea savanților nu poate să contrazică, în fapt, principiul cauzalității, chiar dacă, formal, creatorul ei se pronunță pentru „nerecunoașterea" acestui principiu. Puterea de neînvins a realității obiective este de așa natură, încît ea respinge toate aceste „nerecunoșteri", pătrunde ea însăși în teoriile științifice și le dă viață. Situația din prezent nu se reduce numai la faptul că principiul cauzalității se impune inevitabil cunoașterii științifice. Se constată că mulți dintre cei care renunțaseră la acest principiu pornesc să-și schimbe cu hotărîre punctul de vedere,

Scanned with OKEN Scanner

recunoscînd postulatele materialismului. Printre ei se numără savanţi dintre cei mai mari.

În cartea de faţă, autorii s-au străduit să analizeze o serie de aspecte esenţiale ale problemei cauzalităţii, de pe poziţiile materialismului dialectic. Ei îşi dau seama însă că lucrarea lor nu poate pretinde cîtuşi de puţin să fie considerată completă, exhaustivă.

Autorii sînt conştienţi de faptul că unele teze dezvoltate în această carte comportă încă discuţii. Mai mult chiar, în unele chestiuni nici autorii care au luat parte la scrierea lucrării nu au ajuns la o opinie unitară. Şi dacă ei îşi supun lucrarea judecăţii cititorilor, o fac numai în speranţa că o discuţie mai largă va permite să se progreseze în soluţionarea problemelor pe care le ridică. Aceasta, cu atît mai mult cu cît în literatura de specialitate există puţine lucrări consacrate analizei filozofice a principiului cauzalităţii.

Cartea a fost scrisă de un colectiv de autori care şi-au împărţit lucrarea, după cum urmează: capitolul I — I. V. Kuznețov; capitolul II — N. F. Ovcinnikov; capitolul III — A. I. Uemov; capitolul IV — S. T. Meliuhin; capitolul V — I. V. Sacikov; capitolul VI — G. A. Svecinikov; capitolul VII — M. E. Omelianovski.

Redactarea generală a cărţii a fost efectuată de I. V. Kuznețov, N. F. Ovcinnikov şi M. E. Omelianovski. Munca de organizare ştiinţifică a lucrării a fost făcută de I. V. Dostov.

Manuscrisul cărţii a fost discutat de colaboratorii Institutului de fizică „P. N. Lebedev" al Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S., ai Institutului de filozofie şi sociologie al Academiei de Ştiinţe a R. P. Polone, precum şi de mai mulţi alţi specialişti din domeniul fizicii şi al filozofiei.

Colectivul de autori şi colegiul redacţional îşi exprimă recunoştinţa faţă de toţi cei care au participat la discuţie, pentru observaţiile lor valoroase, care au contribuit la îmbunătăţirea cărţii.

Scanned with OKEN Scanner

I. Principiul cauzalității și rolul său în cunoașterea naturii

Nici un lucru, nici un fenomen nu este etern în natură. Orice lucru, orice fenomen se naște cîndva, există și, mai devreme sau mai tîrziu, își încetează existența. De ce a apărut cutare corp sau fenomen? De ce se transformă? De ce încetează să existe, cedînd locul său altuia? — Dintre toate problemele care frămîntă mintea omului de știință, aceea a apariției și a transformării lucrurilor și fenomenelor este una dintre cele mai importante și mai profunde, de care principiul cauzalității este legat în modul cel mai strîns. Pe de o parte, el a intrat în știință ca rezultat al căutării unei soluții a acestei probleme. Pe de altă parte, datorită ajutorului său, această problemă a fost soluționată și poate fi soluționată, atît în forma generală cît și în fiecare caz concret în parte. Acesta este motivul pentru care principiul cauzalității a ocupat întotdeauna un loc central în știință și a jucat un rol extrem de important.

Ce e drept, destul de frecvent au fost ridicate împotriva lui și obiecții categorice. De cele mai multe ori, aceasta s-a întîmplat în momente ale dezvoltării cunoașterii științifice, cînd știința se afla în pragul descoperirii unor forme noi, încă necunoscute ale cauzalității. În astfel de perioade, cei care își pierdeau orientarea în desfășurarea evenimentelor aveau impresia că „s-a pus capăt o dată pentru totdeauna" principiului cauzalității, că a început „epoca gîndirii acauzale". Dar timpul trecea și se constata cu o evidență incontestabilă că obiecția împotriva principiului cauzalității, critica la adresa sa, fuseseră lipsite de temei. Principiul cauzalității își sărbătorea un nou triumf, iar fiecare succes marca întotdeauna o nouă și strălucită cucerire a științei.

În ultimele decenii, atacurile împotriva principiului cauzalității au devenit deosebit de aprinse și de insistente. Pretextul l-a constituit prăbușirea noțiunilor științifice din domeniul fizicii, legat de apariția și de dezvoltarea mecanicii cuantice. Dar și în acest caz, critica principiului cauzalității se dovedește a fi tot atît de puțin reușită și lipsită de speranțe ca și critica apărută brusc în urmă cu cîteva decenii, în legătură cu apa-

Scanned with OKEN Scanner

riția teoriei relativității. Și, după cum conținutul teoriei relativității nu a respins și nu respinge acest principiu, la fel și progresele reale ale mecanicii cuantice, departe de a însemna o infirmare, îi atestă, dimpotrivă, vigoarea, deoarece arată aplicabilitatea lui într-o sferă de fenomene ale naturii cu totul nouă, necunoscută înainte, fenomene ireductibile la cele cunoscute anterior.

Atacurile, mereu reînnoite împotriva principiului cauzalității din partea unora dintre filozofii idealiști și dintre cercetătorii naturii nu dovedesc de loc existența vreunei „slăbiciuni" interne a acestui principiu, nu dovedesc că ar fi „nesigur" sau „îndoielnic". Nu numai principiul cauzalității este supus unei astfel de critici. Toate marile principii ale științei sînt urmărite pas cu pas de o astfel de critică. Pentru a ne convinge de aceasta este suficient să ne reamintim istoricul principiului conservării și transformării energiei. Cîte obiecții și încercări de infirmare nu au fost ridicate împotriva acestui mare principiu, dar care s-au dovedit pînă la urmă, totdeauna lipsite de fundament? Nu trebuie să uităm că aceste obiecții și infirmări au fost reluate în repetate rînduri, cum s-a întîmplat bunăoară în tot cursul primei jumătăți a secolului al XX-lea. Și, probabil, ele vor mai fi reluate la primul prilej „potrivit". Istoria atît de lipsită de glorie a acestor obiecții are însă ceva instructiv. Cu cît este mai important un anumit principiu al științei, cu cît exprimă mai bine esența însăși a spiritului cercetării științifice, cu atît sînt mai puternice și mai insistente atacurile dezlănțuite împotriva lui de cei ale căror drumuri se abat, într-un fel sau altul, în cutare sau cutare punct de la linia principală a dezvoltării gîndirii științifice.

Dar dacă pentru astfel de oameni fiecare nouă descoperire importantă a științelor naturii este un pretext pentru a reînnoi atacurile împotriva principiului cauzalității, în schimb, pentru toți cei care recunosc rolul său eminent și etern în cunoașterea naturii, toate aceste descoperiri servesc drept fundament pentru perfecționarea continuă a reprezentărilor științifice despre principiul cauzalității. Cei ce renunță la acest principiu tind totdeauna spre această renunțare, luînd ca punct de plecare concepții unilaterale și în fond dogmatice. Explicit sau nu, se admite în astfel de situații, că reprezentările asupra principiului cauzalității, existente la un moment dat, moment care precede o nouă descoperire mare, au exprimat și exprimă cu completitudine și precizie esența principiului, dar că aceste reprezentări nu mai pot fi niciodată modificate și generalizate, în așa fel încît noile fapte,

Scanned with OKEN Scanner

care inițial se prezintă adeseori ca fiind contradictorii față de principiul cauzalității, să poată fi înglobate în sfera sa de acțiune. Astfel, cînd s-a constatat pentru prima dată că nu putem înțelege nici pe departe toate fenomenele naturii cu ajutorul reprezentărilor asupra cauzalității formate în epoca dominației concepțiilor mecaniciste, adversarii principiului cauzalității au considerat aceasta drept un faliment general al principiului cauzalității și nu drept o limitare a reprezentărilor *mecaniciste*.

Asemănător cu toate reprezentările din știință, reprezentările asupra cauzalității sînt supuse transformării, dezvoltării. Nu avem motive să ne închipuim că într-o anumită etapă a dezvoltării științei ele ar atinge sau ar putea atinge o anumită „perfecțiune limită", luînd o formă definitivă, dată o dată pentru totdeauna. În știință vor apărea mereu noi și noi fapte și întotdeauna va exista necesitatea de a pune în concordanță reprezentările formate anterior în știință asupra cauzalității, cu faptele nou intrate în știință. Rezultatul este fie descoperirea unor noi forme de cauzalitate, fie cunoașterea unor noi aspecte ale unor forme descoperite anterior etc. Dar nu poate fi vorba despre nici un fel de încălcare a principiului cauzalității. El rămîne de nezdruncinat, la fel ca și, de exemplu, principiul conservării și transformării energiei atunci cînd sînt descoperite noi forme de energie, sau atunci cînd se pun în evidență noi condiții care limitează posibilitățile trecerilor reciproce dintre diversele forme ale mișcării materiei. Și după cum, în felul acesta, se îmbogățesc reprezentările științifice asupra conținutului principiului conservării și transformării energiei, asupra esenței sale, tot astfel se îmbogățesc, în cazuri analoge, reprezentările asupra principiului cauzalității. Datorită acestui fapt, valoarea sa cognitivă crește și mai mult, îndemnînd tot mai puternic și mai perseverent gîndirea oamenilor de știință să caute noi lucruri, noi fenomene, noi legi.

Iată de ce problema cauzalității nu se perimează niciodată și nu încetează niciodată să constituie un obiect de discuții pentru savanți.

Iată de ce gîndirea omului de știință este orientată nu numai să-și facă o idee despre noile fenomene, din punctul de vedere al reprezentărilor dinainte constituite asupra principiului cauzalității, dar să-și facă o idee și despre acest principiu însuși, luînd ca punct de plecare noile fenomene și presupunînd în toate cazurile că principiul poate fi generalizat, concretizat și extins în mod rațional asupra unei noi sfere de fenomene, să

Scanned with OKEN Scanner

găsească această generalizare, dacă necesitatea ei este cu adevărat justificată.

Uneori însă, încercările de a generaliza principiul cauzalității au un astfel de caracter încît se dovedesc a fi orientate, în fapt, împotriva esenței sale. În loc să se caute cauzele reale ale fenomenelor, care nu pot fi încă puse în evidență, se proclamă necesitatea de a efectua modificări radicale în urma cărora dezvăluirea acestor cauze să devină „superfluă", să se eternizeze ignorarea lor. Însă principiul cauzalității, „generalizat" în așa fel încît să înlăture sarcina de a dezvălui cauzele reale ale fenomenelor, pentru motivul că acestea nu ar exista, încetează de a mai fi principiu al cauzalității. În lipsa recunoașterii cauzelor care determină fenomenele, principiul cauzalității este același lucru pentru știință ca „aerul" fără oxigen pentru un organism viu: el înseamnă pieire inevitabilă. În cele ce urmează vom mai avea ocazia să ne ocupăm amănunțit de „generalizările" de acest fel. Se poate spune că ele sînt chiar mai periculoase decît negarea directă a principiului cauzalității, deoarece ele camuflează arma aducătoare de moarte prin declarații solemne în cinstea principiului cauzalității, ceea ce face ca pericolul să rămînă adesea neobservat mult timp. Iată de ce toate încercările de a modifica principiul cauzalității trebuie examinate cu cea mai mare grijă.

Toate schimbările din interpretarea principiului cauzalității trebuie să păstreze — cum păstrează efectiv și dezvoltarea științei — esența sa, sîmburele său central: ideea că fiecare fenomen al naturii are cauze materiale, care îl determină în mod necesar. Această esență neschimbată a principiului cauzalității ni se prezintă în haina variată a fenomenelor individuale diferite unele de altele și a conexiunilor lor studiate de diversele științe. Este meritul gîndirii filozofice progresiste de a nu fi pierdut niciodată din vedere această unitate, această identitate ascunsă în deosebire, în nesemănare, meritul de a fi dezvoltat necontenit ideea fundamentală a principiului cauzalității.

1. Cauzalitatea.
Caracterul obiectiv al cauzalității

Cînd este vorba despre cauzalitate, avem totdeauna în vedere ceva ce se referă la un ansamblu de fenomene, cel puțin la două fenomene. Noțiunea de cauzalitate nu conține o caracteristică a unui fenomen izolat, care există în sine, ci

Scanned with OKEN Scanner

caracteristica unei relaţii între fenomene distincte. Unul dintre fenomene care figurează în această relaţie există ca fiind dat, iar celălalt (sau celelalte) ca fiind abia pe cale de apariţie, adică fiind în devenire. Prin aceasta, cauzalitatea se deosebeşte de interacţiune. În interacţiune sînt corelate fenomene date nemijlocit, deja existente. Existenţa fiecăruia dintre ele nu depinde de existenţa celuilalt, nu este determinată de ea. Dimpotrivă, în cauzalitate existenţa unui fenomen este determinată, condiţionată, mijlocită de un alt fenomen.

Fenomenul care generează un alt fenomen, adică îl produce, îi determină existenţa, se numeşte cauză. Fenomenul generat de un altul, respectiv a cărui existenţă este determinată de existenţa altuia, se numeşte efect al primului fenomen[1]. Cauzalitatea este legătura, conexiunea dintre cauză şi efect. Pentru a sublinia mai bine această particularitate, cauzalitatea mai este denumită „conexiune (sau legătură) cauzală" sau „determinare cauzală" a fenomenelor. Aşadar, cauzalitatea nu este o relaţie exterioară între fenomene, ci o conexiune *genetică* interioară profundă, sub forma căreia se realizează procesul apariţiei noului. În virtutea acestui fapt, cauza şi efectul reprezintă, după expresia lui V. I. Lenin, „... verigi în lanţul *dezvoltării* materiei"[2].

Dar, după cum se vede din cele arătate mai sus, aceste două verigi din dezvoltarea materiei se deosebesc prin rolul şi importanţa lor. Cauza este primordială în raport cu efectul. După cum subliniază Hegel, ea „... este ceva care se mişcă singur, începe spontan, fără a fi trezită de altceva şi este un *izvor de sine stătător, generată din ea însăşi* ..."[3]. Dimpotrivă, efectul nu este independent; el este trezit, chemat la existenţă de altceva; izvorul său este în altul.

Generarea efectului de către cauză sau, altfel spus, *acţiunea* cauzei[4] este un proces complex şi contradictoriu, după cum şi

---

[1] In literatura de specialitate se foloseşte atît termenul „efect", cît şi cel de „consecinţă" pentru a desemna ceea ce este generat de o cauză. Vom folosi aici ambii termeni.

[2] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 38, Editura Politică, Bucureşti, 1959, p. 150 (subliniat de noi — *I.V.K.*).

[3] Hegel, *Opere*, vol. V, Sotekghiz M., 1937, pp. 676—677. (ed. rusă).

[4] Autorul introduce aici termenul *deistvovaniie pricinî* („acţionarea, operarea cauzei"), în locul termenului obişnuit în limba rusă: *deistvie pricini*, pentru: 1) a sublinia deosebirea dintre procesul generării efectului şi rezultatul său final (consecinţa) care este adesea desemnat în limba rusă prin termenul de *deistvie* sau *deistvie pricini*; 2) pentru a pune în evidenţă că generarea efectului este un proces care durează în timp, nu ceva care se realizează instantaneu, fapt pe care infinitivul lung îl exprimă mai adecvat.

Scanned with OKEN Scanner

însăşi cauza este complexă şi contradictorie. Cauza nu este numai cauză a altceva, deosebit de ea, ci şi propria sa cauză. Această natură duală a cauzei a fost dezvăluită în mod profund de Hegel[5].În acţiunea cauzei, pe de o parte, este cuprinsă tendinţa ei de a se autoîntreţine în forma iniţială (acţiunea cauzei „în ea însăşi" sau „reflexiunea în sine"), iar pe de alta, tendinţa de a-şi exprima esenţa care îi este inerentă, în altceva. Acţiunea cauzei „în ea însăşi" este mişcarea interioară, proprie lucrurilor care apar în calitate de cauze, mişcare orientată spre conservarea propriei lor determinări calitative, adică a propriei stabilităţi. În multe procese aceasta se manifestă ca „inerţie", concepută în sensul cel mai larg al cuvîntului. Generarea unui efect distinct de cauză este ieşirea mişcării interioare în afara acestor limite, adică excitarea unei mişcări materiale îndreptate spre exterior.

Pentru a ne clarifica esenţa acţiunii cauzei „în ea însăşi", trebuie să ne dăm seama că nici un lucru nu există ca ceva încremenit, perfect îngheţat, încătuşat de un repaus complet. Dimpotrivă, orice lucru este plin de mişcare interioară, iar aceasta este baza existenţei sale stabile şi calitativ determinate. Tocmai datorită mişcării lucrul există ca *acest* lucru, capabil să genereze un anumit efect. În această mişcare interioară — întrucît este o *mişcare* — obiectul se schimbă, dar, totodată se reproduce, oarecum, mereu. În această mişcare, lucrul se corelează cu el însuşi şi este, astfel, propria sa cauză. De exemplu, nucleul atomic există datorită mişcării interioare necontenite a procesului continuu de transformare reciprocă a protonilor şi a neutronilor care îl constituie. În aceste procese complicate, nucleul îşi întreţine singur existenţa. În fizică există noţiunea de „acţiune proprie", adică acţiunea obiectelor asupra lor înseşi, prin care ele apar în faţa noastră în calitate de corpuri cu determinare calitativă. Semnificaţia profundă a acestei noţiuni iese în evidenţă în faptul că este extrem de fecundă tocmai în ce priveşte obiectele materiale cele mai simple cunoscute astăzi: aşa-numitele particule „elementare", la care este deosebit de greu să vorbim despre mişcarea interioară. Cu ajutorul „acţiunii proprii" se explică, de exemplu, faptul că electronul posedă o proprietate atît de fundamentală cum este „masa proprie".

Aşa-numiţii „fotoni virtuali" — o reprezentare la care fizica teoretică a ajuns cu necesitate, căutînd răspunsul la o serie de probleme esenţiale ale mecanicii cuantice, în particular

---

[5] Hegel, *Opere*, vol. I Gosizdat, M.—L., 1930, p. 257 (ed. rusă).

Scanned with OKEN Scanner

la problema naturii și a originii masei — exprimă ceva prin care un obiect material se corelează cu el însuși, acționează asupra lui însuși, este propria sa cauză. Acești „fotoni virtuali" nu sînt generați, adică nu există ca obiecte de sine stătătoare, independente de izvorul căruia îi datorează existența, nu sînt separați, desprinși de el. Ei sînt dați numai într-o unitate organică inseparabilă cu acesta, numai în interiorul sistemului său de conexiuni și realizează aceste conexiuni interioare, reînnoindu-le permanent, fapt datorită căruia electronul există cu proprietățile sale determinate.

Desigur, esența acestei „acțiuni proprii" a microobiectelor și natura proceselor de emisiune și absorbție a „fotonilor virtuali" încep abia acum să fie cercetate în știința fizicii. Mai rămîn multe puncte neelucidate. Dar avem impresia că aceste procese prezintă unele laturi esențiale a ceea ce exprima Hegel în ideea sa despre acțiunea cauzei „în ea însăși", despre „reflexiunea ei în sine".

Dar acțiunea cauzei „în ea însăși" și generarea unui efect distinct nu sînt momente rupte unul de altul, ci sînt legate între ele. După cum arată Hegel, cauza făcîndu-și reflexiunea în ea însăși, suprimă „totodată în aceeași măsură" această reflexiune și generează un efect diferit de ea însăși.

Adeseori, pentru a arăta relația dintre cauză și efect, se citează următoarea formulare a lui Hegel: „...în măsura în care cauza nu ar acționa încă, ... ea nu ar fi cauză încă..."[6], sau formula lui F. Engels: „Cauza care nu acționează nu este cauză"[7]. De obicei, aceasta se interpretează în sensul că *numai* atunci cînd există un efect distinct de cauză, avem dreptul să vorbim despre cauză. Cît timp nu există însă un efect distinct de cauză, nu există nici cauză. Credem că această interpretare este greșită, deoarece, după cum am văzut, acțiunea cauzei, considerată dialectic, îmbrățișează nu numai nașterea unui efect diferit de ea, ci și operarea ei „în ea însăși", „reflexiunea cauzei în ea însăși".

Hegel a considerat că se poate vorbi despre cauză și atunci cînd nu există încă o consecință exterioară cauzei. Pentru el, aceasta este „cauza privită în sine și pentru sine" — *causa sui*. Hegel i-a reproșat lui Jacobi că s-a cufundat „în reprezentarea unilaterală a *mijlocirii*"[8], adică într-o reprezentare a mijlocirii, a medierii, în condițiile căreia se subliniază numai

---

[6] Hegel, *Opere*, vol. V, p. 677.
[7] F. Engels, *Dialectica naturii*, Editura Politică, București, 1959, p. 236.
[8] Hegel, *Opere*, vol. I, p. 256.

Scanned with OKEN Scanner

legătura dintre ceva şi altceva şi se ignorează mijlocirea însăşi. Din această cauză, nu este dezvăluit cît de important şi profund este a examina *causa sui*. Or, această latură a acţiunii cauzei avea o însemnătate hotărîtoare pentru Hegel. Căci el a văzut în *causa sui* „adevărul absolut al cauzei“[9], conţinutul ei fundamental. În *Ştiinţa logicii*, vorbind despre cauză, el subliniază că „primordialitatea sa constă în aceea că reflexiunea ei în sine este o implicaţie determinantă...“[10].

În lucrurile finite, adică în corpurile concrete mărginite ale naturii, oricare ar fi ele, acţiunea cauzei „în ea însăşi“ este însoţită de apariţia unui efect care se desparte de ea. Cauza şi efectul se manifestă separat. Tocmai în aceasta se manifestă caracterul finit al corpurilor. În substanţa infinită ele sînt *totdeauna* nedespărţite. Nu poate exista nici un fel de cauză exterioară ei şi situată deasupra ei. După cum se exprimă Engels, „... atît materia, cît şi forma ei de existenţă — mişcarea — nu pot fi create şi, prin urmare, sînt *propriile lor* cauze finale...“[11].

Deoarece cauza dă naştere efectului, acesta din urmă apare totdeauna numai împreună cu cauza care l-a determinat, fiind consecinţa acesteia. Experienţa ne arată însă că un fenomen se poate manifesta permanent împreună cu un alt fenomen, să-l însoţească invariabil, să apară după, fără a fi însă efectul lui. Cel mai simplu exemplu al unei astfel de succesiuni de fenomene este zborul păsărilor spre sud, toamna, după care vine iarna. Evident, sosirea iernii nu este o consecinţă a migraţiunii păsărilor. Tot astfel, este limpede că rîndunelele nu „fac primăvara“ atunci cînd se întorc din sud, o dată cu încălzirea timpului[12]. Dar sîntem foarte departe de a putea deosebi întotdeauna cu uşurinţă o astfel de corelaţie sau asociere a fenomenelor de conexiunea cauzală intimă. Atunci cînd, să zicem, izbucnirea strălucitoare a unui fulger sfîşie întunericul norilor aducători de furtună, răsună apoi tunetul. Izbucnirea de lumină şi efectul sonor sînt două fenomene legate între ele. Conexiunea lor devine evidentă în urma cîtorva observaţii repetate asupra furtunii. O cercetare ştiinţifică minuţioasă arată că această legătură este în adevăr foarte strînsă. Şi totuşi, aici nu avem o conexiune cauzală. Pentru

---

[9] Hegel, *Opere*, vol. I, p. 256
[10] Hegel, *Opere*, vol. V, pp. 676—677.
[11] F. Engels, *Dialectica naturii*, p. 236 (sublinierea noastră — *I.V.K.*).
[12] Aceasta nu înseamnă, desigur, că între zborul păsărilor şi schimbarea anotimpurilor nu ar fi o interdependenţă guvernată de legi. O astfel de legătură există în mod real.

Scanned with OKEN Scanner

a deosebi desfăşurarea paralelă a fenomenelor sau coexistenţa lor de conexiunea cauzală, de determinarea lor cauzală, se impune de multe ori o analiză ştiinţifică complexă a naturii producerii fenomenelor paralele observate şi a esenţei lor ascunse. După cum arată o astfel de analiză, nu izbucnirea de lumină este cea care dă naştere efectului sonor, ci şocul avalanşei de particule încărcate electric, a căror viteză rapidă este accelerată de cîmpul electric provocat la rîndul său de diferenţa mare de potenţial existentă între nori la un moment dat, generează atît izbucnirea de lumină cît şi tunetul. Aceste elemente coexistă nu pentru că unul este cauza, iar celălalt efectul, ci pentru că ele sînt consecinţe ale aceleiaşi cauze, adică sînt generate de acelaşi fenomen.

Cînd un fenomen denumit cauză generează un efect, el nu rămîne neschimbat. Fără o schimbare esenţială sau neesenţială nu ar putea avea loc apariţia a ceea ce nu a existat înainte, adică a efectului, deoarece el este generat, într-un fel sau altul, din condiţiile intrinseci ale cauzei. Astfel, cîmpul electric intens existent între nori pe timp de furtună, care provoacă naşterea avalanşei de particule încărcate, se distruge şi el total sau parţial, în cadrul scurtei evoluţii a acestei avalanşe (această distrugere totală sau parţială a cauzei, respectiv a cîmpului electric, este tocmai fenomenul de descărcare a electricităţii atmosferice). După cum spune Hegel, „activitatea cauzei“ constă tocmai în faptul că „ea se neagă pe sine şi produce efectul“. Această negare a cauzei de către ea însăşi şi naşterea efectului pe această bază constituie o trăsătură esenţială a cauzalităţii. În prezent, ne mărginim să constatăm existenţa acestei trăsături. La analiza particularităţilor concrete ale acestei autonegări a cauzei vom trece ceva mai tîrziu (vezi § 5 şi 6).

Modificările cauzei în procesul generării efectului pot fi puţin vizibile în exterior, aproape imperceptibile. Aceasta se explică fie prin faptul că efectul apărut este relativ mic (raportat la cauză), fie prin faptul că în timp ce ia naştere efectul, cauza se reconstituie datorită legăturii ei cu un alt fenomen, în raport cu care ea însăşi este efect.

Pentru a înţelege mai bine natura cauzalităţii, trebuie să menţionăm faptul că orice pereche cauză şi efect nu există ca un cuplu de evenimente izolat de tot restul lumii, la fel ca Robinson Crusoe şi Vineri pe insula pustie. Dimpotrivă, cauza şi efectul există în mulţimea celorlalte fenomene, care nu pot fi considerate nicidecum străine şi indiferente pentru relaţiile în care se află cauza şi efectul. Deşi aceste fenomene pot să nu

Scanned with OKEN Scanner

se împletească direct în conexiunea cauzală şi să rămînă oarecum exterioare, ele constituie baza capacităţii cauzei de a acţiona, creează premisele indispensabile pentru ca să devină efectiv cauză, adică să dea naştere unui efect. Fără unele dintre aceste fenomene, cauza nici nu există — efectul nu se produce. Astfel, cîmpul electrostatic nu generează un curent electric dacă nu există un conductor sau sarcini libere capabile să se mişte în acest cîmp. Alte împrejurări sau circumstanţe pot întări considerabil acţiunea cauzei. Se poate întîmpla ca ceea ce îi ia cauzei întreaga ei vigoare să nu fie lipsa unor anumite fenomene, ci, dimpotrivă, prezenţa lor etc.

Vrem să arătăm prin toate acestea că, în realitatea obiectivă, legătura dintre cauză şi efect este foarte complicată, presupune existenţa unei serii de relaţii diferite fără caracter cauzal, în lipsa cărora conexiunea cauzală nu se realizează şi de care o putem despărţi numai prin abstracţie. Noţiunile de cauzalitate, de cauză şi efect simplifică întrucîtva legătura multilaterală efectivă existentă între fenomenele reale, desprinzînd şi izolînd din această conexiune numai anumite laturi ale realităţii. Acest fapt însă este adesea expus în literatură astfel încît lasă impresia că respectiva simplificare şi relativa izolare a unor laturi ale realităţii ar fi inerente *numai* categoriilor de cauză şi efect. În fapt însă, lucrurile nu stau chiar aşa. Sub acest raport, cauza nu se deosebeşte de loc de celelalte categorii filozofice. Dacă luăm, de exemplu, noţiunile de formă şi conţinut, vom constata o simplificare similară: desprinderea unor laturi ale realităţii şi izolarea lor de celelalte. În realitatea obiectivă nu există în „formă pură", ca ceva cu totul separat şi de sine stătător, ceea ce denumim formă şi ceea ce denumim conţinut. Forma şi conţinutul sînt aspecte, laturi ale unui întreg unitar, în care se împletesc particularul şi generalul, necesarul şi întîmplătorul etc. La fel cu legătura dintre cauză şi efect, legătura necesară dintre formă şi conţinut cere condiţii exterioare determinate, de care poate fi despărţită numai prin abstracţie. În unele condiţii, o formă dată şi un conţinut dat există într-o unitate indisolubilă, în altele unitatea lor se desface; acelaşi conţinut apare în unitate cu altă formă. De obicei, cînd vorbim despre formă, despre conţinut şi despre unitatea lor, facem abstracţie de relaţiile lor cauzale. Însă unitatea şi corespondenţa dintre formă şi conţinut se realizează tocmai pe baza acţiunii conexiunilor cauzale, de care facem abstracţie în caracterizarea relaţiei dintre categoriile de formă şi conţinut etc.

Scanned with OKEN Scanner

Cu alte cuvinte, deşi categoria de cauzalitate simplifică oarecum realitatea, desprinzînd şi izolînd din ea anumite laturi, această simplificare nu diferă de simplificările care se fac cu prilejul determinării altor categorii filozofice. Totodată, noţiunea de cauzalitate nu este creată pentru a izola unele de altele fenomenele şi diversele laturi ale realităţii, ci tocmai pentru a oglindi legăturile lor profunde. Şi, în limitele corespunzătoare, aceasta serveşte bine scopului despre care vorbim. Cunoaşterea realităţii în întreaga ei plinătate, multiplicitate şi multilateralitate se obţine prin reflectarea sa în ansamblul sistemului tuturor categoriilor ştiinţei.

Faptul că efectul şi cauza sînt strîns legate între ele ne permite să tragem concluzii cît se poate de clare în legătură cu una dintre laturile acestei perechi, pe baza a ceea ce ştim despre cealaltă. Cunoscînd cauza, putem trage concluzii asupra efectelor care se vor produce atunci cînd cauza va dispune de condiţiile necesare pentru a putea acţiona. Dacă nu avem posibilitatea de a observa cauza, dar putem studia efectul, reuşim în acest mod să ne facem o idee şi despre cauza care, din diverse motive, rămîne ascunsă vederii noastre. Această situaţie este folosită pe scară largă în cercetarea ştiinţifică. În aceasta se manifestă marea putere euristică a principiului cauzalităţii. De aici însă nu rezultă, desigur, cu necesitate că, dacă un fenomen dat permite formularea unei anumite concluzii despre un alt fenomen, primul trebuie să fie neapărat ori cauza, ori efectul ultimului, adică această relaţie nu indică neapărat o conexiune cauzală. Adevărul acesta este atestat în mod clar, bunăoară, de următorul exemplu simplu (aşa-numitul „experiment al lui Geulincx"): două ceasornice sincronizate sînt potrivite de cineva în aşa fel încît atunci cînd acele unuia indică ore întregi, celălalt sună de un anumit număr de ori. Al doilea ceasornic este acoperit cu un clopot opac, motiv pentru care nu-l putem folosi ca indicator obişnuit al timpului. Observînd cu atenţie cîtăva vreme funcţionarea celor două ceasornice, căpătăm posibilitatea ca, privind numai cadranul primului ceasornic, să tragem concluzii pe deplin certe asupra acţiunii celuilalt ceasornic şi, chiar şi asupra momentului în care se va produce această acţiune. Posibilitatea reală de a trage concluzii şi, în plus — în cazul de faţă — concluzii neeronate, există, fără ca această posibilitate să implice şi o determinare cauzală a unuia din aceste fenomene de către celălalt, respectiv, sunetul celui de-al doilea ceasornic nu este determinat de poziţia acelor celui dintîi sau de funcţionarea mecanismului primului. Aceasta reiese

Scanned with OKEN Scanner

clar numai şi din faptul că, atunci cînd primul ceasornic va înceta să funcţioneze, al doilea va continua să sune.

Putem cita multe exemple din diverse domenii ale ştiinţelor naturii care confirmă existenţa unor astfel de situaţii. Or, numeroşi oameni de ştiinţă comit greşeala gravă de a considera că însăşi posibilitate de a trage concluzii asupra unor fenomene, pe baza specificităţii altora, ar fi trăsătura distinctivă a cauzalităţii, esenţa ei. Astfel, B. Russell susţine: „Legea cauzală — aşa cum folosesc eu acest termen — este orice lege care, fiind adevărată, îmi permite în prezenţa unui anumit număr de evenimente să trag o concluzie despre vreun alt eveniment (sau despre alte evenimente)"[13].

Această concepţie asupra „legii cauzale" elimină din cauzalitate conţinutul ei lăuntric principal: *determinarea, generarea* unui fenomen de către altul. Pe primul plan este pusă simpla corelaţie dintre fenomene, locul central fiind acordat succesiunii pur exterioare în timp. Dar lucrurile nu se rezumă aici doar la o pierdere a esenţialului şi la trecerea la ceea ce este de-al doilea sau de-al treilea rang în conţinutul noţiunii de cauzalitate. În felul acesta, cauzalitatea ajunge să fie „legată" de subiect, de capacitatea sa de a judeca despre ceva, de a trage concluzii, de a face un raţionament despre un fenomen pe baza cunoaşterii altuia.

Dar cum să procedăm în cazurile cînd, cercetînd anumite fenomene din natura înconjurătoare, omul de ştiinţă nu are încă posibilitatea de a trage vreo concluzie şi de a construi raţionamente despre un fenomen pe baza altuia? Avem oare în acest caz cauzalitate sau nu? Dacă socotim că pînă la obţinerea posibilităţii de a trage respectivele concluzii cauzalitatea nu a existat şi că a apărut o dată cu obţinerea acestei posibilităţi, trecem pe o poziţie pur subiectivistă în interpretarea cauzalităţii, pe o poziţie cu totul străină de cunoaşterea ştiinţifică. Dacă recunoaştem însă că în fenomene cauzalitatea a existat înainte de a fi început noi să facem raţionamente şi *independent* de posibilitatea noastră de a face sau nu astfel de raţionamente, înseamnă că posibilitatea noastră de a trage concluzii nu ţine de natura proprie a cauzalităţii. Aceasta înseamnă că trebuie să căutăm cauzalitatea chiar în fenomenele lumii materiale, care sînt independente de conştiinţa subiectului cunoscător.

Astfel, se conturează inevitabil în faţa noastră două linii opuse în interpretarea cauzalităţii. Una dintre ele condiţionează

---

[13] B. Russell, *Cunoaşterea umană*, M., IL. 1957, p. 362.

Scanned with OKEN Scanner

existența cauzalității de existența gîndirii, de existența subiectului cunoscător. Esența celei de-a doua constă în teza conform căreia cauzalitatea *este conținută în lucruri, în fenomenele înseși* și nu depinde nicidecum de senzațiile, de voința, de conștiința subiectului. Potrivit primei concepții, subiectul este cel care *creează* cauzalitatea, conform celei de-a doua concepții, subiectul o *găsește* în realitatea obiectivă, cauzalitatea fiind prin natura ei obiectivă. După cum subliniază V. I. Lenin, „linia subiectivistă în problema cauzalității nu e decît idealism filozofic...“[14]. Recunoașterea cauzalității conținute în fenomenele materiale, recunoașterea caracterului obiectiv al cauzalității înseamnă materialism.

Justețea concepției materialiste asupra cauzalității este atestată de întreaga experiență a omenirii, de întreaga istorie a dezvoltării științei și filozofiei. În activitatea sa practică, omul pornește totdeauna de la convingerea potrivit căreia cauzalitatea este ceva pe care el nu poate să o creeze, ci, dimpotrivă, cauzalitatea subordonează întreaga activitate a subiectului și răstoarnă absolut fără milă toate socotelile și intențiile lui, dacă el încetează, chiar pentru o clipă, să țină seama de existența obiectivă a cauzalității, de calitatea ei de a fi forța care se situează în afară subiectului și la care el trebuie să adapteze toate acțiunile și intențiile lui. Cercetătorul naturii nu se ocupă niciodată de „construirea“ cauzalității. El o caută în natură și își adaptează investigațiile la aceste căutări. Și, tocmai dată fiind independența cauzalității de voința, dorințele, senzațiile, conștiința subiectului, tocmai pentru că ea există în afara lui, este atît de greu pentru știință să ajungă la definirea caracterului riguros al legilor cauzale. Oamenii au întotdeauna de-a face cu cauzalitatea, nu ca ceva care este supus dorințelor, obișnuințelor, senzațiilor lor, ci ca ceva care se opune rigid tuturor acestor dorințe, obișnuințe, senzații și care le distruge mereu, dacă ele *nu se adaptează* la cauzalitate. Lucrurile și fenomenele se află în relații de cauză și efect, nu pentru că omul le pune în astfel de relații prin voința, dorințele, senzațiile, conștiința sa, ci independent de ele și adeseori împotriva acestora. Mulțimea ideilor greșite care au existat de-a lungul istoriei științei asupra legăturii dintre fenomene confirmă adevărul despre obiectivitatea și nedependența cauzalității de subiectul cercetător. De exemplu, mult timp degajarea de căldură la frecarea unor corpuri rigide era considerată de fizicieni și

[14] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 14, Editura Politică, București, 1959, p. 146.

pusă în legătură cu micşorarea căldurii specifice a acestor corpuri, datorită frecării. Dar aceste încercări de explicaţie au fost pînă la urmă părăsite, cînd cercetarea a dovedit că degajarea de căldură este legată de un fenomen cu totul diferit, anume de producerea unui lucru mecanic. Şi această legătură nu numai că nu a fost introdusă de om în natură după bunul său plac, ci, dimpotrivă, natura este cea care i-a impus această idee. Tot astfel, fizicienii au încercat multă vreme să pună în legătură emisia de lumină a atomilor cu mişcarea oscilatorie simplă a electronilor din regiunile periferice ale atomilor. Pînă la urmă însă, aceste încercări au fost clasificate în rîndul rătăcirilor ştiinţifice, cînd ştiinţa a reuşit să dezvăluie că emisia de lumină se datoreşte în fapt unui fenomen de un tip special, anume „saltului cuantic", care se produce atunci cînd electronul trece dintr-o stare în alta. Nu numai că savanţii nu au introdus ei în natură această conexiune, ci mulţi dintre ei au depus chiar eforturi considerabile pentru a o tăgădui. Şi totuşi, ea există şi s-a afirmat pentru totdeauna în ştiinţă, iar încercările respectivilor savanţi de a o tăgădui au constituit încă o dovadă că natura leagă ea însăşi fenomenele între ele, după propriile ei legi nestrămutate.

Cel ce-şi poate închipui că locul cauzalităţii este în conştiinţa omului şi nu în natură, adică nu independent şi în afara conştiinţei, ar trebui să explice de ce nu se menţin în ştiinţă acele „conexiuni" ale fenomenelor în care încearcă să le pună gîndirea omului, fără a fi stabilit în ce relaţii se află respectivele fenomene în natura însăşi. De ce, într-un asemenea caz, omul se supune unei necesităţi forţate, în loc să fie absolut liber în interpretarea relaţiilor dintre fenomene? De pe poziţii subiectiviste, această situaţie nu poate fi explicată într-un mod cîtuşi de puţin satisfăcător.

I. Kant, de exemplu, a încercat să reducă această problemă la ideea potrivit căreia cauzalitatea ar fi o formă necesară a intuirii fenomenelor: sîntem astfel alcătuiţi, încît conştiinţa noastră nu poate percepe lucrurile fără a le pune în relaţii de cauzalitate. Aceasta este o condiţie inevitabilă a activităţii intelectului. Ceea ce constituie un obiect al conştiinţei noastre, este dinainte „preparat", în aşa fel, încît el să poată fi pus de conştiinţă în această relaţie.

La prima impresie, acest punct de vedere pare să dea o explicaţie adecvată, deoarece cauzalitatea apare aici pentru conştiinţa noastră ca ceva ce i se impune, nu ca ceva arbitrar. Dar nu este vorba pur şi simplu să explicăm de ce

Scanned with OKEN Scanner

ni se pare că orice fenomen trebuie neapărat să aibă în genere o cauză *oarecare,* ci şi de a explica de ce această cauză este tocmai *aşa* cum este. De ce părăsim o mulţime de forme diferite ale explicaţiei cauzale şi ne oprim numai la una singură? În adevăr, declarînd că micşorarea căldurii specifice a corpurilor frecate între ele este cauza încălzirii lor (la frecare), satisfacem condiţia conform căreia fiecare fenomen trebuie să aibă o anumită cauză, şi totuşi începem să căutăm altă cauză. De aici rezultă oare că pentru facultatea noastră de intuiţie este preferabil ca respectivul fenomen să-şi aibă cauza nu în micşorarea căldurii specifice sau în altceva, ci tocmai în efectuarea unui lucru mecanic? În ce particularităţi ale facultăţii noastre de a cunoaşte se află rădăcina faptului că putem şti că emisiunea de lumină a atomului îşi are cauza tocmai în „saltul cuantic", şi nu în simpla vibraţie a electronilor cum era postulat de concepţiile fizicii clasice? Ce trăsături ale facultăţii de a intui, pe care am pomenit-o mai sus, ne îndeamnă cu necesitate să ne schimbăm concepţiile, părăsind vechile concepţii (obişnuite) pe care fizicienii *doreau* în cel mai înalt grad să le păstreze nealterate? — Toate aceste întrebări rămîn în fond fără răspuns atîta timp cît socotim cauzalitatea ca fiind cuprinsă în sfera raţiunii, a gîndirii, a conştiinţei. Căci nu putem să-i atribuim facultăţii noastre intelectuale în mod nelimitat, adică o mulţime infinită de particularităţi apriorice, născocite ad-hoc, de fiecare dată, cînd apare necesitatea de a salva apriorismul în condiţiile reprezentărilor modificate asupra cauzei unui anumit fenomen.

Concepţia aprioristă kantiană asupra cauzalităţii mai are încă aparenţa unei explicaţii din care reiese de ce este necesar să admitem că fiecare fenomen are totdeauna o cauză. Dar ea devine definitiv inutilizabilă atunci cînd trebuie să admitem şi să înţelegem de ce sîntem nevoiţi să trecem de la o „cauză" la altă „cauză" etc., pînă ajungem la una care este o cauză fără ghilimele.

Pozitiviştii şi pragmatiştii neagă şi ei obiectivitatea cauzalităţii. Astfel, după Dewey, cauzalitatea este „o categorie logică, şi nu una ontologică"[15]. Dar, ca şi la Kant, cauza nu este la el arbitrară, ci necesară. Numai că, în concepţia lui Dewey, această necesitate nu este determinată de particularităţile înnăscute ale raţiunii umane, cum preconizează Kant, ci de faptul că ea, cauzalitatea, a devenit inevitabilă pentru anumite

[15] J. Dewey, *Logic,* New York, 1938, p. 459.

Scanned with OKEN Scanner

scopuri practice. Aşadar, după Dewey, categoria logică de cauzalitate, devenită pentru noi necesară în virtutea unor ţeluri practice, este introdusă de noi în natură, iar natura, după cum crede el, se conformează în mod intim acestei categorii. Datorită acestui fapt, nu avem contradicţii între natură şi categoria logică.

Firește, pentru orice om fără idei preconcepute, a cărui minte nu s-a încurcat în plasele speculaţiilor idealiste, este clar că nu natura „se conformează în mod intim" categoriei logice, ci categoria logică este cea care se conformează naturii, desigur, dacă nu avem de-a face cu o absurditate logică, care nu exprimă nici un fel de conţinut. Căci nu putem să ne închipuim că apele mărilor ar avea capacitatea de a ţine la suprafaţă corpurile care plutesc în ele numai pentru că pe mare se află nave pe care oamenii le-au destinat să plutească după anumite considerente practice. Este tocmai invers: navele plutesc pe mare pentru că, după cum reiese din principiul unanim cunoscut al lui Arhimede, apa are în sine capacitatea de a exercita o presiune de jos în sus asupra tuturor corpurilor cufundate în ea. Concordanţa se obţine aici, nu pentru că marea „se conformează în mod intim" procedeelor navigaţiei, inventate de noi în vederea unor scopuri practice, ci pentru că metodele navigaţiei sînt în concordanţă cu proprietăţile apei mărilor. Tot astfel, nu natura este cea care se conformează categoriei logice de cauzalitate, ci categoria logică este o reflectare a ceea ce există în natură. Şi numai această concordanţă dintre categoria logică şi natură îi asigură viabilitatea în sistemul ştiinţei, în viaţa practică a oamenilor.

Încă Hegel şi-a dat seama de inconsistenţa totală a ruperii cauzalităţii de fenomenele reale. El l-a combătut pe Kant care atribuia cauzalitatea subiectului. „Conştiinţei naturale — scrie el — trebuie să-i pară foarte bizară afirmaţia că sîntem obligaţi să considerăm *categoriile* ca aparţinîndu-ne numai *nouă* (ca subiective), şi această afirmaţie conţine neîndoios ceva inacceptabil"[16]. După Hegel, faptul că categoriile de cauză şi efect aparţin gîndirii nu implică nicidecum că ele ar fi subiective. El subliniază că determinaţiile de cauză şi de efect nu sînt numai determinaţii de-ale noastre, „ci reprezintă totodată determinaţii ale *obiectelor înseşi*"[17], adică exprimă natura lor.

---

[16] Hegel, *Opere*, vol. I, p. 89.
[17] *Ibidem* (sublinierea noastră — *I.V.K.*).

Scanned with OKEN Scanner

Această critică la adresa lui Kant a fost deosebit de importantă, dar Hegel nu a putut s-o ducă pînă la capăt, deoarece el nu urmărea decît să înlocuiască idealismul subiectiv prin cel obiectiv. El îi face o concesie lui Kant prin simplul fapt că este de părere, ca şi acesta, că legătura cauzală a fenomenelor nu este percepută senzorial de noi, că ceea ce percepem sînt numai două fenomene *deosebite*, care se succed în timp. Principalul este aici că, deşi Hegel recunoaşte cauza şi efectul ca determinaţii ale lucrurilor înseşi, el consideră că esenţa lor, fundamentul lor este „Spiritul cosmic", „Ideea". Aşadar, el recunoaşte că, deşi cauzalitatea este exterioară subiectului individual, esenţa ei constă în ceva imaterial. În realitate însă, esenţa lucrurilor din natura înconjurătoare nu este spiritul, ci materia. De aceea, atît cauza cît şi efectul, precum şi conexiunea lor intimă sînt materiale.

2. Universalitatea determinării cauzale a fenomenelor

Cînd întrebăm de ce există un anumit lucru, sau cum a apărut el, punem în fond problema cauzei sale. Orice fenomen are o cauză, adică este generat de un alt fenomen sau de alte fenomene. Nu există fenomene nedeterminate de cauze. Din nimic, nu se poate naşte nimic. Apariţia unor fenomene fără cauză este imposibilă, în virtutea faptului că în lume domină legile conservării materiei şi mişcării, care nu permit ca ceva să apară din nimic.

Întreaga istorie a ştiinţei, întreaga experienţă practică a omenirii demonstrează că *fiecare* fenomen, oricît ar fi el de important sau de neînsemnat prin amploarea sa, are o cauză proprie.

Dacă a avut loc o erupţie grandioasă a unui vulcan submarin, care a creat într-o singură noapte o nouă insulă în ocean şi a ridicat un val uriaş ale cărui lovituri au adus nenumărate calamităţi navelor şi localităţilor de pe coastă; dacă o cometă gigantică îşi încovoaie coada ce se întinde pe sute de mii de kilometri, în timp ce-şi urmează drumul în spaţiul cosmic; dacă s-au scuturat petalele unei flori al cărei mugure s-a deschis o dată cu răsăritul soarelui; dacă s-au contopit două picături mici de rouă formînd una singură; dacă un atom a pierdut un electron din învelişul său etc. — înseamnă că toate aceste fenomene au ceva ce le-a dat naştere, adică o cauză. În primul caz, ea este presiunea imensă a gazelor

Scanned with OKEN Scanner

incandescente acumulate într-un anumit loc al scoarței terestre; în al doilea exemplu, cauza este presiunea razelor luminoase asupra particulelor de substanță din norul de pulberi care formează coada astrului rătăcitor; în al treilea, cauza poate fi impulsul dat de o albină care și-a luat zborul de pe floare; în al patrulea, cauza este acțiunea forțelor moleculare, iar în al cincilea, ea este o interacțiune intensă a particulelor de tip „elementar" etc.

Dar nu este vorba numai despre faptul că fiecare fenomen are o cauză proprie. Fiecare fenomen, la rîndul său, generează inevitabil un anumit efect nou, adică el devine cauza altuia.

Oare așa stau lucrurile? Precum știm, în viața de toate zilele spunem adesea că: „chestiunea nu a avut nici un fel de urmări".

Să ne închipuim că un om a intrat într-o cameră, printr-o ușă deschisă. El a ieșit pe nesimțite apoi, printr-o altă ușă, fără să atingă vreun obiect, fără să schimbe ceva în cameră, — „lăsînd totul *așa cum a fost*", cum spunem adeseori. Fenomenul a avut loc, dar parcă nu s-au produs nici un fel de efecte. Este însă numai o primă impresie, și afirmația noastră a fost pripită. În mersul său, corpul omului a antrenat o anumită cantitate de aer, care se afla în cameră și l-a pus în mișcare. Astfel, anumite straturi de aer s-au deplasat dintr-o parte a camerei în alta. Și aceste deplasări au continuat încă un anumit timp după ce omul a părăsit camera. Pînă la urmă, aceste deplasări se amortizează deoarece aerul posedă o anumită vîscozitate și vine în contact cu obiectele din cameră și cu pereții. De aceea, energia cinetică a aerului (provenită din mișcarea macroscopică) se transformă în căldură, fapt care duce la modificarea distribuției inițiale (bineînțeles, într-o măsură infimă), a temperaturii în cameră, iar după aceea se declanșează procesul egalării gradienților de temperatură nou formați. Dar lucrurile nu se limitează la atît. Pe podea, acolo unde omul și-a pus piciorul, au rămas urme aproape insesizabile, pe care însă le poate descoperi un cîine introdus în cameră, datorită mirosului său mai fin. Prezența mirosului arată că pe podea și în aer au apărut particule de substanță care nu existau înainte. Ele au schimbat întrucîtva compoziția chimică a aerului etc. Într-un cuvînt, acolo unde se părea că nu există nici un efect, descoperim o mulțime de efecte. Unele dintre aceste efecte, deși foarte puțin însemnate, pot avea o foarte mare importanță teoretică sau practică. Bunăoară, dacă omul care a trecut

Scanned with OKEN Scanner

prin cameră este un hoţ, atunci mirosul său, pus în evidenţă de simţul fin al cîinelui, va constitui un fir indicator pentru prinderea lui.

Acolo unde s-a întîmplat ceva, rămîne întotdeauna ceva. Nu există fenomene care să nu dea naştere absolut la nici un fel de efecte. Dacă ar putea exista astfel de fenomene, ele nu ar putea fi decît de două tipuri: fie că ar rămîne etern aşa cum au fost, fie că ar dispărea în genere, fără să lase vreo urmă. Cînd fenomenele nu generează efecte, deoarece ele rămîn întotdeauna aşa cum sînt, înseamnă că se opreşte orice mişcare. Dar acest lucru este imposibil, dat fiind caracterul universal al mişcării. O „cauză" care a dispărut pur şi simplu, fără nici un efect, nu poate exista în virtutea legii conservării materiei şi a mişcării, pe care am amintit-o mai sus şi care afirmă că în lume, un obiect, un fenomen nu se poate transforma în nimic.

Conform celor arătate mai sus, cauzalitatea este legată în modul cel mai strîns, atît de legea care stabileşte universalitatea mişcării materiei, cît şi de legile de conservare a materiei şi a mişcării. (Ne vom ocupa mai amănunţit de aceasta în capitolul II).

Aşadar, cauzele fără efecte sînt tot atît de imposibile ca şi efectele fără cauze.

Universalitatea cauzalităţii, universalitatea determinării cauzale a fenomenelor constă în aceea că *fiecare* fenomen are o cauză care i-a dat naştere şi *fiecare* fenomen are un efect pe care l-a generat. În lume nu există nimic, care să nu fie subordonat acţiunii acestei legi atotcuprinzătoare, care să nu fie înglobat într-un anumit lanţ de relaţii cauzale, ca verigă a acestuia.

Totdeauna cînd s-a crezut în istoria ştiinţei că un anumit fenomen nu ar avea cauze, sau că el nu ar conduce la nici un fel de efecte, s-au descoperit mai curînd sau mai tîrziu aceste cauze sau efecte, stabilindu-se astfel că încălcarea principiului universalităţii cauzalităţii fusese aparentă. Astfel, cînd a fost descoperită pentru prima dată mişcarea browniană, ea părea să nu aibă nici o cauză. Mişcarea neîntreruptă a micilor particule de praf vegetal, suspendate într-un lichid, se prezenta în faţa ochilor savanţilor ca nedeterminată de nimic. Cînd a fost însă dezvăluită structura molecular-atomică a substanţei şi creată teoria cinetică, a fost găsită şi cauza mişcării browniene. S-a constatat că ea trebuie căutată în mişcarea invizibilă a moleculelor lichidului, care lovesc în mod dezordonat particulele în suspensie.

Scanned with OKEN Scanner

În deceniul al patrulea al secolului nostru, cercetarea minuţioasă a dezintegrării β, adică a dezintegrării radioactive a nucleelor atomice, însoţită de o emisiune de electroni, a dat un rezultat cît se poate de enigmatic. Electronii apăruţi în urma dezintegrării au cele mai variate valori ale energiei, începînd cu zero şi terminînd cu o anumită valoare maximă. Numai această valoare maximă a energiei electronilor este riguros egală cu micşorarea energiei nucleelor dezintegrate şi numai în aceste condiţii părea să se realizeze principul conservării şi transformării energiei.

În celelalte cazuri se părea că energia dispărea *fără urmă*, cantităţile de energie dispărută fiind diferite.

La primul moment nu a existat un răspuns clar şi convingător la întrebarea: unde dispare o parte din energie, cînd electronul apărut în cadrul dezintegrării β duce cu sine numai o anumită parte din energia cedată de atom? Imposibilitatea de a răspunde la această întrebare a generat pe atunci atacuri împotriva legii conservării şi transformării materiei. Numeroşi fizicieni s-au grăbit să o declare falimentară. Aceasta era, bineînţeles, şi o luare de poziţie împotriva principiului cauzalităţii, deoarece, după cum am subliniat mai sus, între principiul cauzalităţii şi legile de conservare a materiei şi a mişcării există o legătură directă şi profundă. Or, în cazul de faţă, se părea că savanţii aveau de-a face cu fenomene în care cauzele — în dezintegrarea β a nucleului — erau *exact identice*, în timp ce efectele se deosebeau radical. Această deosebire dintre efecte le apărea fizicienilor ca nefiind determinată de nimic. Principiul cauzalităţii se afla în faţa unei dificultăţi din cele mai serioase.

Dar, din fericire pentru ştiinţă, această dificultate a fost depăşită destul de curînd. W. Pauli a emis o ipoteză (în 1931), conform căreia la dezintegrarea β, în cazurile cînd valoarea energiei electronului nu atinge nivelul maxim posibil*, mai

---

* In acest paragraf se ignorează cu desăvîrşire faptul că în dezintegrarea β (ca şi în orice alt proces fizic) nu se conservă numai energia, ci şi impulsul (cantitatea de mişcare) şi momentul cinetic (momentul cantităţii de mişcare). Cea de-a treia lege de conservare amintită mai sus implică, de exemplu că la dezintegrarea spontană a unui neutron de spin 1/2 sau a unui nucleu cu spin semiîntreg (în unităţi h) trebuie să fie emis un număr fără soţ (cel puţin 3) de fermioni (particule cu spin semiîntreg). De aci rezultă că emisiunea neutrinoului trebuie să aibă loc în *absolut toate* cazurile de dezintegrare β. Astfel nu poate fi vorba de „deosebire între cauze" deoarece chiar la limita superioară a spectrului β, electronul şi nucleonul de recul *trebuie* să fie însoţiţi de un neutrino de impuls nul şi spin 1/2.

Scanned with OKEN Scanner

apare, în afară de electroni, o altă particulă a materiei — neutrinoul. Mărimea energiei acestei particule este exact egală cu diferența dintre valoarea energiei degajate de atom la dezintegrarea radioactivă și valoarea energiei pe care o poartă cu sine efectiv electronul. Așadar, legea conservării și transformării energiei este întotdeauna respectată în modul cel mai riguros. Totodată însă, a fost înlăturată însăși aparenta încălcare a principiului cauzalității. Potrivit ipotezei lui Pauli, cauza care era considerată identică în toate cazurile nu avea cîtuși de puțin această caracteristică. În diversele cazuri, dezintegrarea β nu era identică: cîteodată nu apărea nici un neutrino, altă dată el era generat o dată cu electronul. În diversele acte de dezintegrare, nucleul îi ceda porții diferite din energia degajată. Astfel, deosebirea dintre efecte s-a dovedit a fi într-o concordanță fidelă cu deosebirea dintre cauze.

A trecut destul de mult pînă cînd ipoteza lui W. Pauli a încetat să fie o ipoteză. Totuși, acest moment a sosit. Existența reală a neutrinoului a fost demonstrată de o serie de date experimentale și teoretice serioase. Neutrinoul a ocupat ferm locul care i se cuvine ca membru egal în drepturi în familia particulelor „elementare" cunoscute astăzi.

Și de astă dată s-a pus capăt părerii că ar fi posibile fenomene care nu au cauză. Este interesant de remarcat faptul că, în căutarea cauzelor necunoscute ale fenomenului menționat, s-a ajuns la descoperirea unor obiecte materiale noi, necunoscute înainte, în care-și găsesc o întrupare aceste cauze. Vom vedea la § 5 că situația nu este cîtuși de puțin întîmplătoare.

Putem cita o mulțime de exemple similare, cînd cauzele diverselor fenomene naturale scăpau cu încăpățînare privirilor

---

Această situație extremă nu poate fi realizată riguros decît dacă masa de repaus a neutrinoului — oricît de mică ar fi — ar avea o valoare finită. Datele experimentale *directe* disponibile azi nu permit detecția unei mase finite a neutrinoului și sînt compatibile cu o masă riguros nulă. Succesul așa-numitei „teorii cu două componente" a neutrinoului face însă foarte probabil ca masa lui de repaus să fie într-adevăr riguros nulă. Conform teoriei restrînse a relativității, o asemenea particulă nu poate fi concepută în repaus (impuls nul); viteza ei e totdeauna egală cu cea a luminii. Prin urmare, electronul nu poate atinge niciodată valoarea maximă a energiei compatibilă cu diferența nivelelor energetice nucleare între care a avut loc tranziția β, energia lui putînd lua însă valori oricît de apropiate de această limită. Consecințele acestei stări de lucruri pentru forma spectrului β în preajma limitei superioare sînt încă departe de a fi pe deplin clarificate (*N. T.*).

Scanned with OKEN Scanner

oamenilor de știință, dar că aceste cauze, mai devreme sau mai tîrziu ajungeau să fie descoperite. Întreaga istorie a științei abundă în astfel de exemple. Și ori de cîte ori au fost descoperite pînă la urmă cauzele fenomenului a cărui proveniență rămăsese pînă atunci neexplicată, știința și-a sărbătorit un nou triumf. Cunoașterea cauzelor fenomenelor a fost întotdeauna o mare cucerire în știință. În explicarea fenomenelor, științele naturii apelează la cauzele acestor fenomene. Marele cercetător al naturii I. P. Pavlov arată: „Explicația noastră obiectivă este o explicație cu adevărat științifică, adică una care se adresează întotdeauna cauzei, care caută totdeauna cauza“[18].

Numeroși fizicieni, și îndeosebi filozofii idealiști de peste hotare, neagă universalitatea conexiunii cauzale. Ei mai sînt uneori „de acord“ să recunoască valabilitatea principiului cauzalității în sfera fenomenelor macroscopice, dar refuză să recunoască dominația sa absolută și în domeniul microproceselor. Ei sînt de părere că în acest domeniu există fenomene fără nici o cauză. Pentru a demonstra aceasta, ei invocă, de exemplu, următoarele trei fapte: 1) existența relației de nedeterminare în mecanica cuantică; 2) particularitățile comportării electronilor care trec printr-o rețea de difracție; 3) particularitățile dezintegrării radioactive a nucleelor atomice. Să analizăm aceste argumente.

Cei ce neagă cauzalitatea, referindu-se la relația de nedeterminare din mecanica cuantică, spun: conform acestei relații nu putem măsura simultan, cu toată precizia, coordonatele și impulsul unui microobiect, ceea ce înseamnă că nu putem indica cu toată precizia condițiile inițiale ale mișcării sale. Dar, o dată ce condițiile inițiale (adică coordonatele inițiale și impulsul inițial) sînt necunoscute, nu mai putem cunoaște cu precizie starea microobiectului la orice moment ulterior. Drept urmare, nu putem spune dacă legătura dintre starea inițială și una ulterioară, caracterizate prin valori simultane ale coordonatelor și ale impulsului, este determinată cauzal. De aici concluzia: cauzalitatea nu există în mișcarea microobiectului.

Aceste raționamente, care au fost frecvent repetate și care sînt repetate și astăzi în lucrările indeterminiștilor, sînt inconsistente atît din punct de vedere fizic, cît și filozofic.

---

[18] I. P. Pavlov, *Polnoe sobranie trudov*, Izd-vo A. N. SSSR, M.—L., 1951, t. III, cartea 1, p. 7.

Scanned with OKEN Scanner

În primul rînd, din faptul că „noi nu putem" măsura cu toată precizia valoarea simultană a coordonatelor și a impulsului unui microobiect și urmări exact cum sînt legate stările ulterioare ale microobiectului de starea sa inițială, nu rezultă cîtuși de puțin că n-ar exista cauzalitate. În cel mai rău caz, am putea susține că, deoarece nu putem urmări legătura dintre stări, înseamnă că nu știm dacă există sau nu cauzalitate. Dacă se face totuși afirmație categorică, anume că nu există cauzalitate, această afirmație nu poate fi considerată întemeiată pe fapte reale. Ea nu are nici o legătură cu relația de nedeterminare. Afirmația despre inconsistența cauzalității ar putea fi legată logic de relația de nedeterminare numai cu condiția de a presupune *apriori* oricărei experiențe și datelor teoriei, coincidența dintre cauzalitate și ceea ce „putem noi" cu cunoștințele noastre, adică dacă am admite dinainte o interpretare pur subiectivistă a cauzalității. Dar această interpretare nu este o consecință a relației de nedeterminare, ci îi este atribuită în mod artificial. După ce impune în mod tacit mecanicii cuantice o interpretare inadecvată a cauzalității, pozitivismul se preface apoi că o deduce chiar din mecanica cuantică. La timpul său, Paul Langevin a remarcat cu subtilitate acest fapt, spunînd: „Cei ce se străduiesc să înfățișeze evoluția cunoașterii noastre în domeniul determinismului ca pe un faliment al cauzalității, se referă zadarnic la cele mai recente realizări ale științei moderne. Ideile lor nu provin cîtuși de puțin din aceasta; ele sînt extrase din vechea filozofie, ostilă cunoașterii științifice; pe aceasta vor ei să o reintroducă pe furiș în știință. Și atunci cînd un anumit filozof idealist citează pe un fizician idealist, el nu face decît să ia înapoi de la acesta ideile pe care i le-a împrumutat chiar el cîndva"[19]. Este interesantă fondarea logică pe care fizicienii de orientare pozitivistă o dau relației de nedeterminare. După părerea lor, relația respectivă apare din cauza interacțiunii *principial necontrolabile* dintre aparat și microobiect. Aici este esențial să relevăm două fapte: 1) această „necontrolabilitate principială" nu este prin nimic dovedită, ci postulată ca ceva dat, deși această teză este în contradicție cu întreaga experiență a științei; 2) microobiectele nu există cîtuși de puțin numai în interacțiunea lor cu aparatele. Majoritatea lor covîrșitoare există cu totul în afara oricăror aparate și observații și independent de ele. Așadar, dacă urmărim logica

[19] P. Langevin, *Lucrări alese*, M., IL., 1949. p. 398.

Scanned with OKEN Scanner

pozitiviştilor, relaţia de nedeterminare nici nu trebuie să se aplice unor astfel de microobiecte. Dar, în acest caz, întreaga discuţie despre falimentul cauzalităţii în microcosm îşi pierde sensul. Pozitivismul „scapă" de această dificultate, declarînd că microobiectele care nu se află în vreun aparat, care nu sînt supuse observaţiei, ar fi inexistente. Dar această „salvare" este realizată cu un preţ care înseamnă o ameninţare de moarte pentru ştiinţă. Cercetătorii naturii, mai devreme sau mai tîrziu, vor fi nevoiţi să renunţe la această teză, sau renunţă de pe acum. Un exemplu ni-l oferă W. Heisenberg, care a declarat de curînd că „... fizicianul trebuie să postuleze în ştiinţa sa că studiază o lume pe care nu el a confecţionat-o şi care ar exista fără schimbări simţitoare dacă acest fizician nici nu ar exista"[20].

Trebuie să subliniem din nou un fapt: ceea ce este prezentat ca argument pentru negarea cauzalităţii (existenţa microobiectelor numai în legătură cu un aparat, datorită observaţiei), nu rezultă de loc nici din relaţia de nedeterminare, nici din alte propoziţii ale mecanicii cuantice. Acest argument este preluat din filozofia idealistă şi impus mecanicii cuantice.

Deşi din cele arătate reiese clar că încercările de a se baza pe faptul existenţei relaţiei de nedeterminare pentru a nega principiul cauzalităţii sînt false, ne vom mai ocupa şi de o altă latură a acestei probleme.

Semnificaţia relaţiei de nedeterminare nu constă nicidecum în aceea că „nu putem" măsura cu toată precizia valorile simultane ale coordonatelor şi impulsului unui microobiect, ci în aceea că în natură nu există stări ale microobiectului în care acesta să posede concomitent valori riguros determinate pentru coordonate şi pentru impuls. Or, aceasta înseamnă că atît stările microobiectului, cît şi legătura dintre stările sale în momentul iniţial şi în cele ulterioare nu pot fi aceleaşi cu stările pe care le-ar avea un obiect ce s-ar comporta după principiile mecanicii clasice. Dar, din faptul că atît starea microobiectelor cît şi legăturile dintre stările lor nu sînt identice cu stările, cu relaţiile lor din mecanica clasică, nu rezultă de loc că nu am avea aici o determinare cauzală. Şi în mecanica cuantică există o legătură riguros determinată între stările microobiectului la diverse momente, o legătură aflată într-o corespondenţă precisă cu condiţiile

---

[20] W. Heisenberg, *Evoluţia interpretării teoriei cuantice*, în culegerea „Niels Bohr şi dezvoltarea fizicii", M., IL., 1958, p. 39.

Scanned with OKEN Scanner

exterioare în care se află microobiectul şi care se supune unei legi determinate a naturii (exprimată, pentru viteze considerabil mai mici decît viteza luminii, prin ecuaţia lui Schrödinger). Aşadar, invocarea relaţiei de nedeterminare ca dovadă pentru încălcarea principiului cauzalităţii, pentru încălcarea tezei referitoare la legătura cauzală universală a fenomenelor, este cu totul lipsită de fundament. Nici din punct de vedere logic, nici din punct de vedere fizic sau filozofic, teza asupra caracterului universal al cauzalităţii nu contrazice relaţia de nedeterminare, iar aceasta din urmă nu o infirmă pe cea dintîi.

Să trecem acum la al doilea argument menţionat mai sus şi invocat împotriva recunoaşterii universalităţii cauzalităţii. Situaţia se prezintă aici după cum poate fi dedusă şi din exemplul care urmează. Un fascicul de electroni care se mişcă în acelaşi sens şi cu aceeaşi viteză cade pe o reţea de difracţie, trece prin ea şi nimereşte pe o placă fotografică (pe un ecran), care reţine electronii. Se constată că, în aceleaşi condiţii, electronii ajung în puncte diferite ale ecranului (mai exact: în puncte diferite ale ecranului, admise de legile opticii ondulatorii, adică acolo unde se află zonele luminoase ale inelelor de difracţie, prevăzute de teoria ondulatorie). Interpretarea acestui fapt este următoarea: fenomenele se deosebesc unul de altul, şi nu există cauze care să determine această deosebire. Aşadar, deosebirile acestea nu au cauză. Microobiectele nu se supun principiului cauzalităţii (după concepţia savanţilor menţionaţi).

Cu al treilea dintre argumentele semnalate, lucrurile se prezintă astfel: toate nucleele atomilor unei substanţe radioactive avînd o perioadă de înjumătăţire determinată sînt cu totul identice. Într-o anumită porţiune din substanţa considerată, ele se află în aceleaşi condiţii. Totuşi, unele dintre nucleele acestor atomi se dezintegrează acum, altele peste o clipă, altele iarăşi peste o secundă, peste un minut sau peste o oră etc., iar unele se menţin secole întregi fără să se dezintegreze. Aşadar, deşi nucleele sînt identice, după cum sînt identice şi condiţiile fizice în care se află, timpul de viaţă al fiecăruia dintre ele este diferit. Date fiind condiţiile omogene de existenţă a nucleelor, înseamnă, după toate aparenţele, că nu există cauze care să determine această deosebire şi să stabilească de ce unii atomi se dezintegrează la un anumit moment, iar alţii, la altul. De aici se trage concluzia: dezintegrarea nucleelor atomilor la substanţele radioactive nu este determinată cauzal.

Scanned with OKEN Scanner

Nu putem să nu recunoaştem că explicarea cauzală a celor două fenomene de mai sus se loveşte de dificultăţi serioase. În adevăr, fizica nu poate indica în mod clar sub influenţa căror cauze concrete un anumit electron difractat nimereşte într-o regiune anumită a ecranului, care fixează imaginea de difracţie. Este adevărat, de asemenea, că actualmente nu avem posibilitatea de a indica precis şi univoc ce fel de cauze fizice silesc un atom dat să se dezintegreze tocmai acum, şi nu la un alt moment, şi de ce tocmai atomul dat şi nu vreun altul. Însă, concluzia că în aceste cazuri am avea de-a face cu o încălcare a principiului cauzalităţii nu este întemeiată. Căci nu avem motive să considerăm că condiţiile fizice în care se mişcă diverşi electroni care trec prin reţeaua de difracţie sînt absolut identice. Ele sînt identice conform experienţei, pe plan *macroscopic* (de exemplu sînt identice şi constante tot timpul vitezele definite macroscopic ale electronului). Dar, în realitate, aceste condiţii pot să nu fie identice pe plan *microscopic*, în raport cu factori mai fini, despre care nu avem posibilitatea să ne facem acum o idee pe deplin clară şi a căror prezenţă fizicienii nici nu au încercat încă, în fapt, să o descopere în fenomene de acest gen. Poate că situaţia se prezintă ca în cazul particulei browniene suspendate într-un lichid. Macroscopic, condiţiile în care se află această particulă sînt tot timpul aceleaşi, temperatura şi densitatea lichidului nu se schimbă, pe cînd particula browniană se mişcă fără oprire. Dificultatea este complet înlăturată, dacă ţinem seama de condiţiile microscopice ale existenţei acestei particule. Atunci iese la iveală faptul că, deşi considerate anterior ca fiind perfect identice, constante, în realitate condiţiile variază rapid: presiunea exercitată de moleculele lichidului devine mai mare cînd într-un loc, cînd într-altul. Sub influenţa acestor fluctuaţii, particula se deplasează.

Nu este oare posibil ceva asemănător în cazul mişcării electronului printr-o reţea de difracţie? Dezvoltarea electrodinamicii cuantice actuale arată că există fluctuaţii ale aşa-numitului *vacuum*, care determină o serie de fenomene fizice esenţiale legate de mişcarea electronilor; în primul rînd această fluctuaţie se pare că poate fi pusă în legătură cu deplasarea nivelelolr energetice ale electronului în atom, care conduce la o scindare suplimentară a liniilor spectrale*. Dacă admitem ac-

* Deplasarea liniilor spectrale la care se referă autorul (deplasarea Lamb) este un fenomen cu totul distinct de structura hiperfină a liniilor spectrale care se datoreşte interacţiunii dinre mişcarea electronilor pe orbită şi nucleu şi e determinată de spinul acestuia din urmă (*N. T.*)

Scanned with OKEN Scanner

ţiunea unor astfel de fluctuaţii asupra mişcării electronului în unele cazuri, nu avem motive să negăm în principiu influenţa lor în alte cazuri. Nu trebuie să excludem nici posibilitatea existenţei fluctuaţiilor care acţionează asupra mişcării electronului în entităţi fizice de cu totul altă natură, de exemplu cîmpul psi, cum presupune D. Bohm[21].

Negarea cauzalităţii în cazul electronilor difractaţi nu rezultă de loc din fapte experimentale astăzi cunoscute. În fapt, ea nu rezultă nici din esenţa ideilor mecanicii cuantice, care exprimă un anumit ansamblu de legi obiective ale mişcării microobiectelor. Totodată, nicăieri, prin nimic, în nici un punct principiul cauzalităţii nu contrazice nici experienţa, nici teoria existentă, cu toate legile naturii pe care aceasta le cuprinde. Caracterul statistic al legilor teoriei cuantice actuale nu respinge în nici o măsură teza universalităţii cauzalităţii. Dar la această problemă vom reveni mai tîrziu.

Situaţia este aceeaşi şi în cazul dezintegrării radioactive a nucleelor atomice. Condiţiile proclamate „perfect identice" pentru diferiţii atomi ai substanţei radioactive nu sînt în realitate neapărat identice, prin structura lor microscopică. Nimeni nu a demonstrat aceasta nici experimental, nici teoretic. Şi, dacă deosebirile microscopice menţionate mai sus dintre condiţiile de existenţă ale diverşilor atomi dintr-o substanţă radioactivă nu au fost puse pînă acum în evidenţă, aceasta este o consecinţă atît a deosebitei complexităţi a problemei, cît şi a faptului că fizicienii de orientare pozitivistă au declarat că ar fi cu totul lipsit de sens să căutăm aceste deosebiri. Afirmaţia potrivit căreia condiţiile sînt absolut identice, pare să fie o extrapolare nejustificată a unor reprezentări adecvate la un nivel al structurii materiei, pentru un alt nivel, unde domină legi specifice.

Renunţarea la principiul cauzalităţii, la teza universalităţii cauzalităţii nu este determinată deci de descoperiri ale fizicii moderne, ci de concepţiile pozitiviste pe care le împărtăşesc unii mari savanţi din străinătate, concepţii care au capitulat totdeauna în faţa dificultăţilor cunoaşterii ştiinţifice, transformînd dificultăţi temporare în dificultăţi eterne, absolute. Dar, după cum dificultăţile care au existat cîndva în privinţa punerii de acord, să zicem, a mişcării browniene sau a dezintegrării β cu principiul cauzalităţii sînt acum definitiv de domeniul trecutului, ele devenind un fapt istoric, tot astfel

[21] D. Bohm, *Causality and Chance in the Modern Physics*, Londra, 1957, pp. 112—113.

Scanned with OKEN Scanner

este în afară de orice îndoială că şi dificultăţile menţionate mai sus vor dispărea mai devreme sau mai tîrziu.

Savanţi eminenţi ca M. Planck, P. Langevin, A. Einstein, L. de Broglie, M. von Laue şi alţii nu au putut să se împace cu renunţarea la principiul cauzalităţii, la teza universalităţii conexiunii cauzale a fenomenelor naturii. Ei au căutat să găsească, în spatele acauzalităţii aparente, conexiunea cauzală necesară. Şi dacă, după cum am arătat mai sus, în unele din mulţimea nenumărată de cazuri încă nu au fost găsite cauzele concrete ale fenomenelor, aceasta dovedeşte numai dificultatea uriaşă a problemelor care se pun aici şi nicidecum indeterminismul principial. Indeterminismul vrea să eternizeze lipsa de soluţie a acestor probleme, oprind ştiinţa pentru totdeauna în faţa acestei dificultăţi. Adepţii principiului cauzalităţii se străduiesc să obţină o soluţie a acestor probleme, contribuind astfel la progresul ştiinţei. După cum arată istoria ştiinţei, pînă la urmă aceste soluţii au fost totdeauna descoperite. Şi, dimpotrivă, aceeaşi experienţă atestă că întotdeauna concepţiile indeterministe au fost nevoite mai curînd sau mai tîrziu să se retragă.

La fel cu toţi empiriştii, care subliniază ataşamentul lor total faţă de experienţă, care cîntă în vorbă ditirambi la adresa experienţei „atotputernice", pozitiviştii refuză de fapt să acorde încredere experienţei, ori de cîte ori este vorba despre o problemă de principiu a ştiinţei. Ei vor cultiva la nesfîrşit stejari din ghindă şi nu se vor putea hotărî totuşi să afirme categoric că, după cum atestă experienţa, stejarii se dezvoltă întotdeauna din ghindă. Ei vor vorbi despre necesitatea de a repeta mereu acest experiment, luînd rînd pe rînd toate ghindele pe care le-a produs şi le produce fără încetare darnica natură, temîndu-se de vreo excepţie de la această lege, pe care fitotehnicienii au stabilit-o de mult şi pe care întreaga omenire o foloseşte de multe veacuri în vasta practică a silviculturii.

La fel procedează empiriştii şi în privinţa cauzalităţii. Ei nu pot să-i recunoască universalitatea. Ei vor putea să-şi dea adeziunea la această concluzie numai atunci cînd toate fenomenele naturii vor fi fost strînse într-o colecţie unitară. Dar în aceste condiţii, concluzia lor despre universalitatea cauzalităţii nu ar mai fi de folos, în fapt, nimănui. Însă, după observaţia spirituală a lui Goethe, nu avem nevoie să cutreierăm toată lumea pentru a ne da seama că cerul este pretutindeni albastru. Nici unul dintre savanţii contemporani care afirmă că cerul este albastru nu a făcut şi nu intenţionează să facă o astfel de călătorie în jurul Pămîntului, în care să vizi-

Scanned with OKEN Scanner

teze absolut toate punctele suprafeței terestre, stabilind peste tot culoarea cerului. Concluzia este totuși cît se poate de adevărată. Căci ea nu rezultă din simpla contemplare a cerului, ci în dezvăluirea cauzelor pentru care cerul este albastru. După cum ne învață fizica actuală, cauza acestui fenomen este împrăștierea razelor solare, datorită fluctuațiilor de densitate ale atmosferei terestre, deosebit de puternică pentru razele luminoase din partea albastră-violetă a spectrului, deoarece intensitatea împrăștierii este invers proporțională cu puterea a patra a lungimii de undă. Dezvăluirea cauzelor acestui fenomen ne permite nu numai să ajungem la concluzia riguros întemeiată că cerul este pretutindeni albastru, chiar fără să părăsim vreodată orașul nostru, ci chiar să prevedem care vor fi și în ce condiții vor apare abaterile de la această situație, — de exemplu la mare altitudine de la suprafața Pămîntului sau în cazul unei puternice polarizări a atmosferei cu particule străine.

Experiența nu ne spune doar că în fața ochilor noștri se întîmplă ceva individual, particular. Observatorului subtil ea îi prezintă totodată și generalul inerent unei mulțimi de fenomene similare, ceea ce este necesar în fenomen, ceea ce îl leagă de cauza care îl generează. Toată această bogăție a experienței scapă empiriștilor și tocmai de aceea ei nu au încredere în ea, cerîndu-i omului de știință să înregistreze mereu fapte care se repetă. Însă înregistrarea simplă a faptelor nu ne dezvăluie universalitatea, cauzalitatea. Ea nu poate niciodată să explice vreunul dintre faptele culese și îl lasă pe savantul care a strîns milioane de fapte similare tot atît de ignorant în privința esenței fenomenelor ca în momentul cînd a început această înregistrare.

Așadar, universalitatea cauzalității nu poate fi demonstrată de empiriști, deoarece ei au limitat *a priori*, pornind de la un punct de vedere preconceput, conținutul real al experienței, închizînd ochii față de tot ceea ce dovedește această universalitate unui om care nu are idei preconcepute.

Dimpotrivă, încrederea totală în experiență, înțelegerea limpede a conținutului ei profund și a semnificației ei, care se dezvăluie datorită gîndirii teoretice, servește ca un fundament vrednic de toată încrederea pentru a ajunge la concluzia universalității cauzalității.

Există însă filozofi și cercetători ai naturii care recunosc universalitatea cauzalității și care îi combat pe empiriști, dar cu a căror poziție nu putem fi de acord. În acest sens putem vorbi despre I. Kant și adepții săi, printre care îl putem cita

Scanned with OKEN Scanner

pe A. Eddington. Ei recunosc universalitatea cauzalității, dar o consideră universală pentru că este o formă universală a modului cum percepem lucrurile cu simțurile noastre, o formă a intuiției noastre prin intermediul căreia tot ceea ce percepem se dispune într-o ordine determinată. O astfel de „recunoaștere" a universalității cauzalității este, în fond, o renunțare la ea, după cum am mai arătat în paragraful precedent.

3. Caracterul necesar al legăturii dintre cauză și efect

Efectul nu apare pur și simplu în urma cauzei, ca ceva despărțit de ea, el nu o însoțește și nu coexistă pur exterior cu ea, ci este legat de cauză printr-o conexiune intimă și indisolubilă. Legătura dintre cauză și efect este o legătură necesară. Dacă un fenomen A este cauza unui alt fenomen B, la un moment dat al timpului, într-un loc dat al spațiului, în prezența unui ansamblu anumit de condiții materiale, atunci oriunde și oricînd vor apărea aceste condiții din nou, cauza A va da naștere totdeauna aceluiași efect B. Conexiunea dintre cauză și efect, existentă în condiții determinate, este constantă și nu cunoaște excepții; efectul decurge inevitabil din cauză, și el este numai așa cum este și nu altfel. Această teză constituie fundamentul cunoașterii științifice a lumii și este o condiție a întregii activități practice umane.

Să ne închipuim că în timp ce în laboratorul vreunui institut din Moscova încălzirea apei pînă la 100°C la presiunea atmosferică de 760 mm Hg are ca efect fierberea apei, adică transformarea ei intensă în vapori, într-un institut din Londra, la același moment, în aceleași condiții, apa ar îngheța, adică s-ar transforma în gheață, iar într-un institut din Pekin, apa ar trece într-o stare amorfă. Sau: în timp ce, la începutul săptămînii savanții observă că trecerea unui atom dintr-o așa numită stare excitată într-o stare neexcitată are ca efect o emisiune de lumină, la sfîrșitul săptămînii, același proces generează, în aceleași condiții, un fenomen de altă natură, sau chiar diametral opus celui dintîi etc. Dacă ceva asemănător ar avea loc cu adevărat în natură, existența științei ar deveni cu totul imposibilă. Știința, dacă s-ar găsi totuși cineva care să încerce a o crea în aceste condiții, ar degenera într-o simplă enumerare a unor fapte care s-au produs numai o singură dată și nu au șanse să se mai repete. Această enumerare nu ar avea absolut nici o valoare pentru

Scanned with OKEN Scanner

oameni, deoarece tot ceea ce ar cuprinde ea s-ar referi la fenomene unice din trecut, al căror număr ar fi cu totul infim în comparaţie cu infinitatea de fenomene cu care omul este nevoit efectiv să aibă de-a face şi cu care va mai avea de-a face ulterior în viaţa sa.

Mai mult, în situaţia menţionată ar fi imposibilă nu numai existenţa ştiinţei, ci şi existenţa omului şi a tot ce este viu. Cum ar putea, de exemplu, omul să se adapteze la condiţiile exterioare, conservîndu-şi viaţa, dacă contactul cu o flacără într-un loc al spaţiului iar provoca senzaţia plăcută a unei uşoare răcoreli, iar într-un alt loc, o distrugere aproape instantanee a ţesuturilor corpului său. Chiar ingerarea aceleiaşi hrane de către acelaşi organism ar putea să contribuie atît la dezvoltarea, cît şi la pieirea lui, dacă între cauză şi efect nu ar exista o conexiune univocă, permanentă necesară, care nu cunoaşte nici un fel de excepţii. Cum ar putea, bunăoară, să se formeze la un animal organele respiratorii, dacă asimilarea aerului nu ar conduce totdeauna şi pretutindeni cu o totală necesitate, la aceleaşi rezultate: îmbogăţirea permanentă cu oxigen a sîngelui şi, totodată, întreţinerea activităţii biologice a ansamblului organismului.

Însuşi faptul existenţei regnului animal şi al celui vegetal, cu uimitoarea lor adaptare la condiţiile exterioare, faptul existenţei omului cu activitatea sa practică încununată de succes, dovedesc în modul cel mai convingător prezenţa unei conexiuni necesare, permanente între toate cauzele şi efectele lor. Acelaşi lucru este atestat şi de ceea ce ştiinţa îi oferă efectiv omenirii. După cum afirmă fizica, la Moscova, la Londra, la Pekin sau la New York, ba chiar pe Pămînt şi pe Soare, în lumile stelare îndepărtate de noi, şi astăzi, şi mîine, şi ieri combinarea a doi protoni cu doi neutroni într-un nucleu de heliu are ca efect invariabil degajarea unei anumite cantităţi de energie („energia termonucleară"), dacă acest proces se desfăşoară în condiţii identice.

Astfel de teze ale ştiinţei, care exprimă conexiunea dintre cauze şi efecte, au puterea necesităţii şi a universalităţii. Ele sînt valabile în raport cu toate situaţiile trecute, prezente şi viitoare, întîmplate în orice regiuni ale spaţiului universului infinit, cînd condiţiile sînt identice. Şi tocmai acest fapt asigură succesul şi încrederea pe care o merită toate predicţiile ştiinţei, care sînt întemeiate pe o cercetare minuţioasă şi profundă a fenomenelor. Prin însăşi semnificaţia lor, predicţiile se referă la situaţii cu care omul încă nu a avut de-a face, care nu au format încă un obiect al percepţiei simţuri-

Scanned with OKEN Scanner

lor sale, care se vor realiza abia în viitor. Şi predicţiile de acest fel se dovedesc a fi pe deplin corecte.

Pentru problema de care ne ocupăm aici joacă un rol important nu numai (şi nu atît chiar) predicţiile unor anumite efecte neobişnuite şi rare, care se pot produce în împrejurări cu totul excepţionale, cît predicţia unor fenomene simple şi evidente acum pentru oricine, cum sînt comunicarea unei acceleraţii identice tuturor corpurilor care posedă mase egale datorită acţiunii unor forţe egale, indiferent de locul şi timpul în care s-ar produce acest fenomen. Astfel de propoziţii au încetat acum să mai fie considerate drept predicţii bogate în semnificaţii, care se bucură de o atenţie deosebită. Ele reprezintă ceva de care ştiinţa uzează în întreaga ei activitate cotidiană şi care este considerată drept o banalitate aproape de la sine înţeleasă, avînd cu toate acestea, după cum vedem, o uriaşă semnificaţie principială. În adevăr, principala valoare a acestor propoziţii nu stă în valabilitatea lor pentru un anumit număr de fapte observate, deja studiate în laborator, ci în valabilitatea lor faţă de întreaga mulţime efectiv infinită a fenomenelor care au fost, sînt şi vor fi, aici, în altă parte, peste tot. Astfel de teze ale ştiinţei nu atestă o coexistenţă întîmplătoare, exterioară a cauzei şi a efectului, ci relaţia lor intimă, conexiunea lor organică.

Filozofii sceptici, de exemplu D. Hume şi adepţii săi, neagă legătura intimă dintre cauză şi efect. După opinia lor, efectul şi cauza doar se succed fără să fie între ele vreo legătură. Singurul fundament al ideii de cauzalitate, al ideii conexiunii necesare dintre cauze şi efecte, arată D. Hume, este sentimentul subiectiv al obişnuinţei generate de perceperea unor fenomene care se repetă. În lumea obiectivă însă, acestei idei nu-i corespunde nimic real: „... această conexiune, aceste legături, această energie se află exclusiv în noi înşine şi nu sînt decît o *constrîngere a spiritului nostru,* care apare în virtutea *obişnuinţei* şi ne sileşte să trecem de la un obiect la însoţitorul său obişnuit şi de la impresia unuia la ideea vie a celuilalt“[22].

Dar aceste raţionamente sînt total greşite. Să luăm, de exemplu, o scîndură. Să aşezăm deasupra ei, în poziţie verticală, un cui şi să-l lovim în cap cu ciocanul. Cuiul va intra în scîndură la o adîncime mai mare sau mai mică. Potrivit părerii scepticilor, nu există o legătură reală între lovitura de ciocan şi deplasarea cuiului. Acestea nu sînt decît fenomene

---

[22] D. Hume, *Tratat asupra naturii umane,* Iuriev, 1906, p. 245 (sublinierea noastră — *I.V.K.*).

Scanned with OKEN Scanner

care se însoţesc aparent, la observarea cărora remarcăm că unul dintre ele îl urmează pe celălalt. Altceva ne spune însă fizica, care ne zugrăveşte cu toată claritatea mecanismul interior al acestui proces şi legătura dintre toate fazele sale. Deplasarea cuiului şi pătrunderea lui în scîndură sînt legate obiectiv între ele, într-un mod necesar. Lovitura ciocanului determină deplasarea cuiului. Energia cinetică a ciocanului se transformă în lucru mecanic, consumat la deplasarea cuiului, şi însoţit de înfrîngerea rezistenţei fibrelor lemnului. Unei forţe anumite a loviturii îi corespunde o anumită adîncime a pătrunderii cuiului în scîndură. Totodată, această adîncime este legată cu necesitate de rezistenţa lemnului, care la rîndul ei este determinată de esenţa lemnoasă din care a fost confecţionată scîndura, de starea în care aceasta se află (tăiată proaspăt, uscată, putredă etc.). Ce rol poate juca „obişnuinţa" noastră sau „constrîngerea spiritului nostru", cînd constatăm că un copil abia este în stare să bată un cui într-o scîndură, în timp ce un bărbat îl înfundă la o adîncime considerabilă? Cum poate interveni „obişnuinţa" noastră sau „constrîngerea spiritului nostru" atunci cînd la aceeaşi forţă a loviturii, într-un caz cuiul lasă pe scîndură o adîncitură abia vizibilă, pe cînd într-alt caz (depinzînd de natura scîndurii) o străbate cu uşurinţă? Trebuie oare să tragem de aici o altă concluzie decît că legătura dintre cauză şi efect este necesară şi reală, nu gîndită doar, imaginată?

„Obişnuinţele" sau alţi „factori" asemănători nu au nimic de-a face cu existenţa conexiunii necesare dintre fenomene, dintre lucruri. Aceasta devine ea însăşi fundamentul unic pe care se poate forma o anumită obişnuinţă, care ne orientează într-un mod adecvat în desfăşurarea fenomenelor.

Pe ce bază, întreabă D. Hume, după ce ne-am săturat o dată cu o bucată de pîine credem, atunci cînd vedem o bucată de pîine asemănătoare, că ea ne va sătura? După concepţia sa, concluzia aceasta „nu este de loc necesară". Ea este o consecinţă a obişnuinţei de a dobîndi senzaţia de săturare după ce am înghiţit hrana şi s-ar putea ca o dată această obişnuinţă să ne înşele. Biochimia şi fiziologia ne spun însă cu totul altceva. Ceea ce importă nu este că ne-am obişnuit sau nu cu apariţia senzaţiei de săturare după ce am mîncat o bucată de pîine, ci relaţiile reale dintre starea organismului şi ingerarea hranei. Senzaţia de săturare apare inevitabil şi atunci cînd înghiţim o hrană neobişnuită, pe care o întîlnim pentru prima dată în viaţă. Aici nu există nici o obişnuinţă, şi totuşi legătura dintre saturaţie şi ingerarea hranei există. Atunci

Scanned with OKEN Scanner

cînd înghiţim hrana, pătrunde în organism o anumită cantitate de substanţă şi de energie necesară organismului, a cărei asimilare cu ajutorul organelor digestive asigură nivelul necesar pentru activitatea biologică a tuturor celulelor organismului. Avem de-a face aici cu un proces complex, ale cărui verigi sînt într-o legătură necesară unele cu altele, indiferent de orice „obişnuinţe", de „percepţii obişnuite", de „constrîngerea spiritului nostru" şi de alţi „factori" asemănători. De ce sînt unele substanţe mai hrănitoare decît altele? De ce nu ne putem hrăni cu pietre sau cu apă? De ce nu ne putem elabora obişnuinţa de a nu mînca nimic, rămînînd totuşi sătui, vii şi sănătoşi? De ce rămîne aici cu totul neputincioasă „constrîngerea spiritului nostru"? A invoca „obişnuinţa", sau „constrîngerea spiritului nostru", închizînd ochii în faţa datelor ştiinţei care ne arată conexiunea necesară şi obiectivă existentă între cauză şi efecte, înseamnă să o rupem cu fundamentul însuşi al gîndirii ştiinţifice.

Nu cauzele şi efectele se leagă între ele datorită obişnuinţelor şi constrîngerii spiritului nostru, ci înseşi obişnuinţele şi constrîngerile spiritului nostru apar tocmai pentru că între cauze şi efecte există o conexiune reală necesară. Aceasta este adevărata stare de lucruri, acesta este unicul punct de vedere corect, pe care îl împărtăşeşte efectiv ştiinţa naturii şi care respinge orice scepticism în problema conexiunii dintre cauze şi efecte.

Desigur, coexistenţa repetată permanent a unor fenomene poate da naştere şi dă naştere adeseori obişnuinţei false de a considera aceste fenomene ca legate în mod intim, ca unite în mod necesar printr-o relaţie cauzală? Dar, indiferent dacă această obişnuinţă apare sau nu apare la noi, fenomenele respective rămîn ceea ce sînt în realitate: fenomene care coexistă, care se însoţesc unul pe altul, într-un mod pur exterior. Şi, mai devreme sau mai tîrziu, iluzia, dacă s-a format cîndva la noi, este risipită de noi fapte, care ne permit să dezvăluim adevărata stare a lucrurilor. Atunci eliminăm fără milă obişnuinţa devenită tradiţională şi o înlocuim pînă la urmă cu conexiunea reală a fenomenelor, pe care am descoperit-o.

Pentru a demonstra legătura intimă dintre cauză şi efect — legătură riguros necesară prin esenţa ei — activitatea practică a oamenilor are o importanţă uriaşă.

Explicînd alternarea cauzelor şi a efectelor în desfăşurarea firească a fenomenelor naturii, scepticul se referă la faptul că în natură există o ordine stabilită o dată pentru totdeauna

Scanned with OKEN Scanner

a producerii evenimentelor, datorită căreia ele apar fiecare de la sine, independent de celelalte, dar la un moment determinat al timpului și într-un loc determinat, creîndu-ne impresia falsă că între ele ar fi o legătură interioară. De exemplu, nu avem voie să spunem că o descărcare electrică din atmosferă poartă răspunderea apariției unei strălucitoare izbucniri de lumină în norii de furtună întunecați. Putem doar să spunem că în natură toate fenomenele se succed într-o anumită ordine sau apar împreună. După cum nu avem voie să spunem că într-o companie de soldați care trece prin fața noastră un rînd îl generează pe altul, tot astfel, nu are sens să afirmăm că descărcarea electrică dă naștere fulgerului: ele se succed doar sau apar împreună.

Aceste considerații ar putea să pară oarecum convingătoare, cît timp se limitează la observarea pasivă a unor evenimente care se repetă, cît timp totul se reduce la constatarea faptului producerii acestor fenomene, cît timp rămîne nedezvăluită natura intimă a fenomenelor observate, esența lor autentică. Dar întreaga situație se prezintă într-o lumină cu totul diferită, atunci cînd omul nu se mărginește doar să contemple aceste fenomene, ci intervine activ în desfășurarea lor firească, atunci cînd, după ce le-a dezvăluit esența, el creează după voia sa, în locul unde consideră de cuviință și atunci cînd dorește, condițiile corespunzătoare și provoacă cu ajutorul unui fenomen apariția altui fenomen care-l interesează. Mai mult, el găsește mijloacele cu ajutorul cărora este în stare să modifice „desfășurarea firească" a fenomenelor, în conformitate cu intențiile sale formate anterior, sau chiar să oprească de tot această desfășurare.

În fiecare din aceste cazuri, el găsește factorul decisiv a cărui prezență face necesară fie apariția fenomenului care îl interesează, fie modificarea cursului natural al evenimentului, fie chiar totala lui sistare. Acest factor este tocmai cauza, iar apariția unui nou fenomen sau modificarea mersului procesului și oprirea lui constituie efectul. Acesta din urmă este legat în mod necesar de cauză.

Acumulînd cu ajutorul unui dispozitiv corespunzător sarcini electrice de semn diferit pe sfere metalice izolate, situate la o anumită distanță una de cealaltă, experimentatorul reușește ca pînă la urmă să facă aceste sarcini să treacă prin aer de la o sferă la cealaltă, adică să se producă o descărcare electrică. Avalanșa de particule încărcate electric care se mișcă repede prin aer excită atomii pe care îi întîlnesc în drumul lor prin aer, silindu-i să se miște foarte repede și să

Scanned with OKEN Scanner

emită lumină. Astfel apare o izbucnire de lumină însoţită de un sunet puternic în analogie cu fulgerul şi cu tunetul din natură. Experimentatorul poate crea această descărcare electrică acum sau la un alt moment, aici sau în altă parte. El poate s-o facă mai intensă sau mai slabă etc.

Dar lucrurile nu se rezumă la atît. Omul are posibilitatea să creeze şi creează efectiv corpuri şi procese care nu există nicăieri sub „formă naturală" în natură, şi anume le creează cu proprietăţi pe care vrea dinainte să le obţină. Drept confirmare a acestei teze este suficient să ne referim la mulţimea de noi substanţe macromoleculare, sintetizate în laboratoarele şi în uzinele chimice, care şi-au găsit nenumărate utilizări practice precum şi grupul de atomi ai elementelor transuranice, care au apărut datorită voinţei fizicienilor. Este clar că toate acestea nu pot fi interpretate raţional pe baza recunoaşterii unei „ordini naturale prestabilite" a succesiunii fenomenelor, fără o legătură necesară a acestora. Un astfel de punct de vedere ar însemna o renunţare totală la ştiinţă. El condamnă la inactivitate şi decădere forţele creatoare ale omenirii, atribuindu-le o soartă tristă: aceea de a se supune voinţei fluxului de evenimente care se succed spontan. Numai recunoaşterea conexiunii interioare necesare a cauzelor şi efectelor şi cunoaşterea ei ne asigură înţelegerea adecvată a ceea ce se întîmplă în lumea din jurul nostru şi îl fac pe om stăpîn al forţelor naturii.

Aşadar, cauzalitatea este obiectivă; ea este universală; legătura dintre cauze şi efecte este necesară. Acestea sînt trăsăturile fundamentale ale cauzalităţii. De cele mai multe ori, ne mărginim la acestea atunci cînd caracterizăm cauzalitatea. Dar oricît ar fi de importante aceste trăsături, ele nu epuizează particularităţile caracteristice ale cauzalităţii.

Mai mult, aceste trăsături nu sînt nici măcar trăsături inerente care să-i aparţină exclusiv cauzalităţii. De exemplu, legătura dintre individual şi general prezintă exact aceleaşi trăsături. Această legătură este obiectivă, deoarece nu depinde cîtuşi de puţin de subiect, de conştiinţa sa, de senzaţiile sale etc. Ea este universală, deoarece orice lucru individual este totodată şi general, deci această conexiune este esenţială, indisolubilă, există totdeauna şi în toate condiţiile.

De aceea, analiza conţinutului noţiunii de cauzalitate trebuie continuată, pentru a dezvălui trăsăturile care o deosebesc esenţial de alte categorii. În paragrafele următoare facem o astfel de încercare.

Scanned with OKEN Scanner

4. Continuitatea spaţială şi temporală a lanţurilor cauzative

Efectul generat de o anumită cauză devine la rîndul său cauza altui fenomen, care iarăşi este cauza unui al treilea fenomen, al treilea este cauza unui al patrulea etc. Această succesiune de evenimente legate între ele printr-o relaţie de riguroasă necesitate interioară ar putea fi denumită „lanţ cauzativ" sau „lanţ de cauzaţie"[23]. Verigile lui sînt fenomenele la care fiecare pereche de evenimente vecine reprezintă o cauză şi un efect legate între ele.

Se spune, adeseori, că pentru un anumit fenomen, cauza este un alt fenomen, separat de cel dintîi printr-un interval spaţial mai mare sau mai mic. Astfel, putem spune că auzim sunetele muzicale care se propagă dintr-un aparat de radio, deoarece ele sînt cauzate de execuţia unei bucăţi muzicale de către un cvartet de instrumente aflat în studioul postului de radio, situat la mii de kilometri de aparatul nostru receptor. Bineînţeles, apariţia acestor sunete este legată de prezenţa cvartetului în studio, este determinată de el. Dacă nu ar fi cvartetul, nu ne-am putea bucura ascultînd melodia. Dar, am putea spune că ceea ce cauzează apariţia percepţiei noastre auditive sînt de fapt anumite vibraţii destul de complicate ale membranei difuzorului, care determină oscilaţii ale straturilor de aer din imediata vecinătate a membranei. Cu tot atîta drept am putea spune însă că ceea ce cauzează percepţia noastră sonoră sînt oscilaţiile presiunii aerului din straturile imediat vecine cu timpanul urechii noastre. Dar această afirmaţie poate fi şi ea precizată: cauza percepţiei sonore este excitaţia nervoasă din fibrele nervoase care unesc partea periferică a receptorului auditiv cu centrul analizorului sonor din creier. În sfîrşit, ar fi pe deplin justificată şi afirmaţia: cauza percepţiei sonore este excitaţia apărută la momentul respectiv chiar în creier.

Aşadar, cînd spunem că percepem sunetele datorită faptului că un cvartet aflat în studioul staţiei de radio, la o distanţă de o mie de kilometri de noi execută o bucată muzicală, unim direct în minte veriga iniţială a procesului pe care-l analizăm

---

[23] De obicei i se spune în literatură „lanţ cauzal" sau „lanţ cauză-efect". Autorul preferă termenul de mai sus „lanţ cauzativ" sau „lanţ cauzaţie", dorind să sublinieze astfel caracterul „dinamic" şi nu static al acestui lanţ. Verigile lui nu există într-o formă finisată şi invariabilă. Ele apar şi dispar rînd pe rînd, una generînd-o („cauzînd-o") pe cealaltă.

Scanned with OKEN Scanner

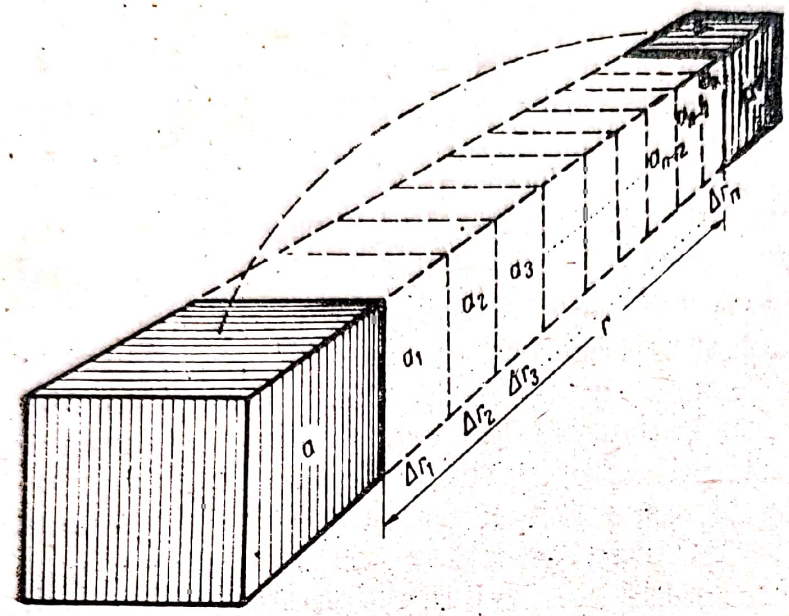
cu veriga lui finală, care ne interesează în cazul de faţă. În acest fel, sărim peste toate verigile intermediare ale lanţului foarte lung şi complex de fenomene, care sînt în mod necesar legate unul de altul. O analiză amănunţită ne arată că în acest lanţ un fenomen se învecinează spaţial cu altul, astfel că în nici una dintre porţiunile lui nu există verigi care să fie separate una de alta printr-un interval spaţial finit, care să nu cuprindă fenomene materiale aflate în contact imediat unele cu altele. În adevăr, variaţiile presiunii aerului determinate, să zicem, de vibraţiile coardelor instrumentelor muzicale în stratul de aer aflat în contact direct cu aceste coarde, se transmit succesiv de la un strat la altul, în directa atingere cu cel dintîi, pînă ajung la membrana microfonului. Aici, vibraţiile presiunii aerului se transmit membranei care le transformă în oscilaţii ale curentului electric. Apoi, cu ajutorul unor dispozitive corespunzătoare, oscilaţiile curentului sînt transformate în oscilaţii ale cîmpului electromagnetic din jurul antenei staţiei emiţătoare. Ele se propagă consecutiv de la un punct la altul, tot mai departe de staţia emiţătoare, pînă ajung la antena receptoare, iar de aici la celelalte părţi ale aparatului de recepţie, unde are loc un proces asemănător cu cel din aparatele staţiei emiţătoare, dar care se desfăşoară în ordine inversă, pînă ajunge la urechile noastre, iar apoi şi la creier. În nici un punct al acestui lanţ cauzativ nu găsim rupturi, adică nu găsim fenomene care, fiind cauză şi efect, să apară despărţite printr-un interval spaţial finit, fără ca să existe anumite alte fenomene care umplu *toate punctele* acestui interval, nelăsînd nici un fel de lacune. În aceasta constă trăsătura esenţială a cauzalităţii care poate fi denumită continuitatea spaţială a cauzalităţii, sau continuitatea spaţială a lanţurilor cauzative.

În fig. 1 facem o încercare de a ilustra grafic cele arătate mai sus despre continuitatea spaţială a lanţurilor cauzative. Dacă a şi a' sînt două fenomene aflate în conexiune cauzală unul cu celălalt, însă separate printr-un anumit interval spaţial r, atunci există totdeauna o mulţime continuă de fenomene a_1, a_2, a_3, ... a_{n-1}, a_n, care ocupă respectiv domeniile Δr_1, Δr_2, Δr_3 ... Δr_{n-1}, Δr_n în contact direct unul cu altul şi în aşa fel încît $\Sigma_i \Delta r_i = r$. Firește, în aceste condiţii fenomenele a_1, a_2, ... a_n nu trebuie neapărat să fie ordonate în lungul unei linii drepte. Aceeaşi idee de continuitate spaţială a lanţurilor cauzative poate fi exprimată şi cu ajutorul altei scheme (fig. 2). Fie fenomenele a şi b verigi ale unui lanţ cauzativ aflate la distanţa r unul de celălalt. Să înconjurăm fenomenul a cu

Scanned with OKEN Scanner

două suprafețe închise S_1 și S_2 de formă arbitrară și așezate una în interiorul celeilalte, astfel încît să formeze în jurul fenomenului a un înveliș închis de grosime S arbitrară. Lan-

Figura 1



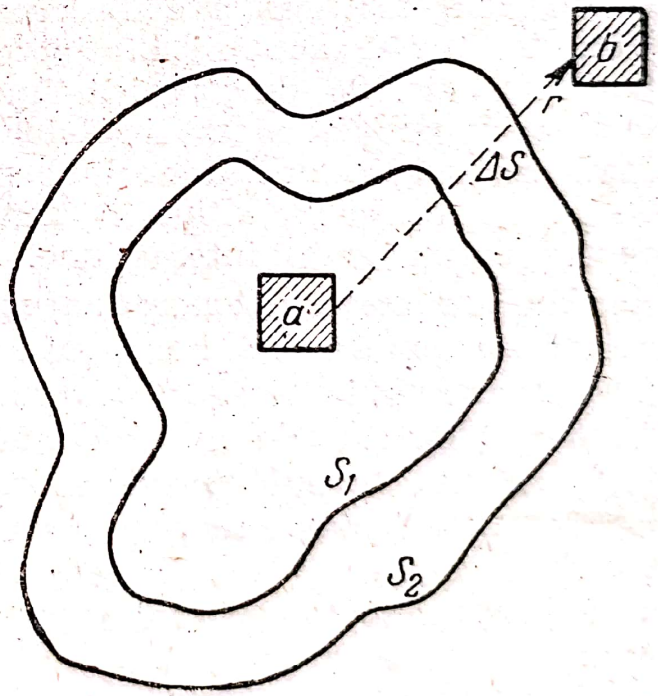


Figura 2

țul cauzativ care leagă fenomenele a și b are proprietatea că oricît ar fi de subțire stratul S și oricare ar fi poziția lui între a și b, astfel încît să-l cuprindă pe a, fenomenele a și b nu pot fi legate cauzal între ele, dacă undeva în stratul S nu se produc anumite fenomene legate cauzal de a și de b și care le unesc într-un șir spațial unitar și continuu.

Scanned with OKEN Scanner

Ideea continuităţii lanţurilor cauzative pare evidentă atunci cînd vorbim despre corpuri în contact direct, ignorînd structura lor microscopică. Însă „contactul direct“ nu va fi atît de evident dacă vom ţine seama de structura atomică a materiei. Se poate spune că două corpuri sînt în contact atunci cînd cel puţin doi dintre atomii lor se ating direct. Dar ce înseamnă atingerea, contactul dintre atomi? Este cunoscut că în fiecare atom, între nucleu şi învelişul electronic, există un „vid“, căruia îi revine cea mai mare parte din totalul volumului atomului. Aşadar, justificarea tezei referitoare la continuitatea spaţială a lanţurilor cauzative este departe de a fi simplă şi evidentă.

Concluzia existenţei acestei trăsături a cauzalităţii şi argumentele care să dovedească riguros adevărul ei au fost obţinute de ştiinţă, în fond, destul de recent. Ele au rezultat din victoria teoriei acţiunii din aproape în aproape asupra teoriei acţiunii la distanţă, care a pretins mult timp să domine absolut în fizică şi în întreaga ştiinţă a naturii, punîndu-şi totodată amprenta pe o seamă de idei din domeniul filozofiei. Fondarea teoriei acţiunii din aproape în aproape a fost una dintre cele mai remarcabile cuceriri ale gîndirii ştiinţifice. Victoria teoriei acţiunii din aproape în aproape a devenit posibilă datorită descoperirii unei noi forme de materie, anume cîmpul, care este purtător al interacţiunii dintre corpuri, această interacţiune fiind transmisă de cîmp succesiv de la un punct la altul, în toată întinderea spaţiului care separă corpurile în interacţiune.

Aşadar, un corp acţionează asupra altuia, provocînd în el cutare sau cutare fenomene, nu în mod direct, ci prin intermediul cîmpului. În fapt, asupra corpului nu acţionează un alt corp depărtat de el, ci cîmpul care se află chiar acolo unde se află corpul considerat şi care nu a ajuns în acest loc în mod instantaneu, ci după un interval de timp determinat, după ce a fost generat de primul corp şi după ce a parcurs *toate* porţiunile spaţiului care separă cele două corpuri.

În opoziţie cu aceasta, teoria acţiunii la distanţă dezvolta ideea unei „acţiuni la distanţă“ exercitată nemijlocit de unele corpuri asupra altora, oricît de mare ar fi distanţa dintre ele. În aceste condiţii se presupunea că în spaţiul care desparte corpurile aflate în interacţiune, distanţate, nu se întîmplă nimic care ar avea vreo legătură cu respectiva interacţiune.

Scanned with OKEN Scanner

Aşadar, conform teoriei acţiunii la distanţă cauza poate genera un efect într-o regiune aflată la o distanţă finită de locul unde este situată cauza, fără ca vreun obiect material real să lege aceste două corpuri printr-un şir continuu, în lungul căruia acţiunea să se propage succesiv, fără să sară peste cel mai mic interval.

Teoria acţiunii la distanţă părea să aibă un fundament solid atîta timp cît erau cunoscute numai cîmpurile staţionare, invariabile. Procesul transmiterii succesive a acţiunii în aceste cîmpuri este profund ascuns, iar dovezi convingătoare pentru natura lor materială nu au putut fi încă obţinute. Descoperirea existenţei cîmpurilor electromagnetice, care variază rapid, a schimbat categoric situaţia. Interacţiunea corpurilor încărcate electric a apărut în faţa privirilor oamenilor de ştiinţă ca un proces material care se propagă treptat, parcurgînd succesiv toate punctele intervalului spaţial care desparte corpurile în interacţiune. Acest proces s-a dovedit a fi dependent de proprietăţile fizice ale mediului situat între corpurile în interacţiune, şi astfel a devenit clar că interacţiunea corpurilor se realizează tocmai printr-un mediu material, şi nu în lipsa acestuia. Totodată însă, a devenit limpede că acest mediu nu poate fi substanţa obişnuită atunci cînd interacţiunea se transmite prin „vid", unde nu există nici atomi, nici molecule, nici alte corpuri. Aici avem de-a face cu un nou obiect material: cîmpul electromagnetic.

Toate încercările teoriei acţiunii la distanţă de a se adapta noilor condiţii au eşuat. Şi ea a rămas definitiv de domeniul trecutului. Încetul cu încetul, noţiunea fundamentală de cîmp electromagnetic a fost dezvoltată tot mai complet şi mai precis, iar apoi au apărut şi noţiunile de cîmp gravitaţional, de cîmp nuclear etc. Proprietatea cea mai importantă a procesului transmiterii interacţiunii prin cîmp este viteza finită a acestei transmiteri. După cum s-a stabilit în fizica actuală, în toate cîmpurile astăzi cunoscute, această viteză nu poate depăşi valoarea de 300 000 km/s. Aceasta este viteza cu care se propagă interacţiunea într-un cîmp electromagnetic situat în regiuni ale spaţiului unde lipsesc total particule de substanţă. Nu este cazul să intrăm aici în detalii ale teoriei cîmpului şi ale ideii acţiunii din aproape în aproape, care formează sîmburele ei central. Pentru noi sînt suficiente tezele principale enunţate mai sus. Din teoria cîmpului, din ideea acţiunii din aproape în aproape rezultă concluzii extrem de importante pentru înţelegerea esenţei cauzalităţii şi a mecanismului funcţionării ei, despre care vom vorbi mai jos.

Scanned with OKEN Scanner

Totdeauna cînd avem o conexiune cauzală între două evenimente separate spaţial, există între aceste evenimente o mulţime de alte evenimente legate cauzal, care sînt în contact spaţial şi care formează, în ansamblul lor, un lanţ continuu care uneşte cele două evenimente menţionate mai sus. Această continuitate este de aceeaşi natură ca şi continuitatea unei linii în sens matematic. Transmiterea acţiunii cauzale, adică apariţia de noi şi noi verigi ale lanţului cauzativ, atragerea în conexiunea cauzală considerată a unor obiecte vecine mereu noi sau a unor părţi vecine mereu noi din acelaşi obiect cu extensiune se produce totdeauna cu o viteză finită. Această viteză poate fi mică sau mare, dar în toate cazurile cunoscute de ştiinţa contemporană ea nu depăşeşte viteza de propagare a cîmpului electromagnetic în vid, adică viteza luminii[24].

Conexiunea cauzală este continuă şi sub aspect temporal. Aceasta înseamnă că atunci cînd avem o legătură cauzală, genetică între două fenomene situate în aceeaşi regiune a spaţiului, dar separate printr-un interval temporal finit, există între aceste fenomene o mulţime de alte evenimente legate direct în timp şi care formează, în ansamblul lor, un proces continuu, legînd cele două evenimente menţionate într-o unitate organică. Dacă nu ar exista aceste evenimente intermediare, nu ar fi posibilă o legătură genetică între cele două fenomene considerate. Ele ar exista cu totul izolat unul de celălalt, adică între ele nu ar fi nici o relaţie cauzală. Cel ce nu ar fi de acord cu aceasta, ar trebui să ajungă inevitabil la concluzia că efectul poate să se producă după ce cauza a dispărut, fără a-şi fi transmis acţiunea cuiva. Aceasta ar echivala însă cu a recunoaşte că un feonmen poate să se producă fără nici un fel de cauză, precum şi că o cauză ar putea să existe fără să aibă efecte. Inconsistenţa vădită a acestei concluzii dovedeşte caracterul eronat al premisei că nu ar exista o continuitate temporală în lanţurile cauzative. Prin urmare, ajungem la următoarea concluzie: cauzalitatea, lanţurilor cauzative posedă continuitate spaţială şi temporală. Toate cauzele şi efectele care sînt verigi ale unor astfel de lanţuri sînt în contact spaţial şi temporal.

În fizica teoretică şi în literatura de filozofie din zilele noastre se discută tot mai frecvent ipoteza posibilităţii unei „cuanti-

[24] În ultimul timp se enunţă ideea posibilităţii transmiterii interacţiunii cu o viteză mai mare decît viteza luminii (de exemplu în unele procese nucleare). Dar, şi în acest caz, viteza este presupusă finită.

Scanned with OKEN Scanner

ficări a spațiului“[25]. În această ordine de idei, se pune întrebarea: nu afectează oare ipoteza aceasta teza de mai sus, referitoare la continuitatea temporală și spațială a lanțurilor cauzative? La această întrebare trebuie să răspundem negativ. Ipoteza caracterului discret al spațiului, sau a cuantificării lui, nu implică de loc faptul că spațiul ar fi descompus în regiuni izolate unele de altele, separate prin ceva ce nu ar fi domenii spațiale, prin ceva care să fie „nespațial“, „supraspațial“ etc.
Semnificația rațională a ipotezei cuantificării spațiului constă în afirmația că există microelemente spațiale, foarte mici dar de mărime finită, care pot avea proprietăți specifice foarte pronunțate (de exemplu o metrică aparte, o geometrie deosebită etc.), care le disting unele de altele în conformitate cu deosebirea de natură a obiectelor materiale a căror formă de existență sînt respectivele elemente spațiale. Totodată însă, aceste elemente au întinderi spațiale care se contopesc într-un *continuum* unic, fără nici un fel de „discontinuități“.

5. Transferul de materie și de mișcare în lungul lanțurilor cauzative

Conexiunea cauzală constă în aceea că un fenomen generează un alt fenomen. Cauzalitatea este o legătură genetică, o legătură între ceea ce există și ceea ce se naște. Am mai stabilit că ceea ce se naște este neapărat legat spațial și temporal de ceea ce îi dă naștere. Aceasta este o trăsătură foarte importantă a cauzalității. Trecem acum la cercetarea unei alte particularități fundamentale a relației intime dintre cauză și efect. Să ne servim de un exemplu simplu: un jucător de biliard lovește cu tacul o bilă și aceasta începe să se miște. Lovitura tacului (tacul care se deplasează) este cauza, iar apariția mișcării bilei (bila care începe să se miște) este efectul. Este evident că avem de-a face cu transferul unei anumite cantități de mișcare, a unei anumite cantități de energie de la cauză la efect. Este oare aceasta o trăsătură esențialmente necesară a conexiunii cauzale în genere, sau nu? La prima vedere pare să fie ușor să arătăm că acest fapt nu este o trăsătură necesară a conexiunii cauzale, invocînd o serie de factori în care face impresia că nu am putea descoperi o astfel de situație.

---

[25] Vezi, de exemplu R. A. Aronov, *Despre ipoteza discontinuității spațiului și a timpului*, în „Probleme de filozofie“, nr. 3, 1957.

Scanned with OKEN Scanner

Să luăm însă un exemplu ceva mai complicat decît cel de mai sus. Într-o anumită zonă a suprafeţei terestre, dispusă în lungul unui meridian, începe ziua. Avem oare, în acest caz, un transfer de mişcare care să-şi găsească expresia într-un transfer de energie? Spunem, de obicei, că după noapte se face ziuă, din cauză că Pămîntul se roteşte în jurul axei sale. Putea să aibă loc oare, în acest caz, transmiterea vreunei cantităţi de mişcare asemănătoare cu transmiterea mişcării de la cauză la efect în exemplul anterior? Da, un transfer de mişcare, un transfer de energie de la cauză la efect s-a produs şi în cazul de faţă, numai că este greşit să considerăm rotaţia Pămîntului drept cauză a apariţiei zilei. Rotaţia Pămîntului ca atare nu este capabilă să conducă la alternanţa dintre lumină şi întuneric, adică la succesiunea zilei şi a nopţii. Dacă nu ar exista Soarele, nu ar putea să apară pe Pămîntul în rotaţie niciodată ceea ce denumim noi „zi". „Ziua" este o stare fizică specifică de iluminare a atmosferei şi a suprafeţei terestre, pe care o pot determina numai razele solare. Ele sînt adevărata cauză a „zilei". În acest caz însă, este limpede că avem şi aici un transfer de mişcare de la cauză la efect: razele solare, care luminează atmosfera şi partea respectivă a suprafeţei terestre, le-au transmis energia pe care o transportă. Mai mult, avem aici şi un transfer de materie de exemplu sub forma de radiaţie corpusculară, respectiv un transfer de fotoni. Cît despre rotaţia Pămîntului, ea nu joacă rolul de cauză a apariţiei zilei, ci pe cel de condiţie care determină posibilitatea cauzei de a acţiona: o rotaţie corespunzătoare a Pămîntului în jurul axei sale face imposibilă pătrunderea razelor solare într-o anumită parte a atmosferei şi a suprafeţei terestre, sau o face posibilă. Faptul că nu rotaţia Pămîntului, ca atare, este cauza „zilei" este dovedit şi de trecerea de la întuneric la lumină, care are loc atunci cînd, în timpul unei eclipse totale de Soare, discul solar începe să iasă din zona de umbră a Lunii.

În esenţă, un transfer similar de mişcare şi de materie are loc în toate cazurile de conexiune cauzală. Cîteodată, el poate fi estompat de diverse împrejurări în care se desfăşoară procesul şi care îl complică[26]. Adeseori nu-l putem vedea din

[26] O astfel de situaţie are loc, de exemplu, atunci cînd un corp se loveşte de un perete, fapt în urma căruia el este reflectat. După cum se spune de obicei, ciocnirea cu peretele este cauza reflexiei respective. Dacă lovitura este elastică, atunci, după reflexie, energia corpului va rămîne aceeaşi, ca şi înainte de reflexie. De aceea, s-ar părea că nu sînt motive pentru a afirma producerea unui transfer de mişcare de la cauză la efect. Dar nu este aşa. Analiza a ceea ce se întîmplă în procesul ciocnirii, analiza

Scanned with OKEN Scanner

cauza ideii false pe care o avem despre ceea ce este, în cazul considerat — cauză şi ce este efect. Dar, o analiză atentă a esenţei fenomenului ne permite să ajungem la concluzia că există un transfer de materie şi de mişcare între cauză şi efect, chiar în acele fenomene ale naturii unde respectivul transfer pare să nu existe la prima vedere. Impresia absenţei unui astfel de transfer în diversele cazuri este generată, între altele, atunci cînd subînţelegem prin cauză sau prin efect, sau prin amîndouă în acelaşi timp, nu obiecte materiale reale în ansamblu, ci numai anumite laturi abstrase de la ele, care nu posedă nici energie, nici masă, nici alte caracteristici şi proprietăţi similare.

Cîteodată se declară că un anumit fenomen îşi are cauza în *absenţa* unui alt fenomen. Astfel, cauza unor fenomene morbide din organismul omului se consideră a fi uneori lipsa unor anumite substanţe, denumite vitamine. Desigur, în acest caz, nu se poate vorbi despre nici un fel de transfer de materie şi de mişcare de la cauză la efect. De la ceva ce nu există nimic nu poate fi transmis la ceva care există. A gîndi altfel înseamnă să admitem o concepţie supranaturală, mistică asupra legăturii dintre fenomene. Prin însăşi semnificaţia ei, noţiunea de cauzalitate nu ne permite să considerăm drept cauză a ceva ce se produce, ceva ce nu există în realitate. În exemplul de care ne ocupăm, lucrurile se explică simplu. Prezenţa vitaminelor în organism constituie o *condiţie* a activităţii sale biologice normale. Absenţa lor conduce la o întrerupere a acţiunii normale a cauzelor care asigură funcţionarea optimă a diverselor organe şi a schimbului de

---

mecanismului ei intern arată că, în realitate, are loc un astfel de transfer. In adevăr, lovind peretele, corpul deformează obstacolul, pierzînd din energia sa cinetică pînă cînd se opreşte la un anumit moment (pentru simplitate, facem abstracţie de deformaţia corpului însuşi). In acest stadiu, corpul incident apare în calitate de cauză, iar deformaţia peretelui, în calitate de efect. Aici faptul transferului de mişcare de la corpul incident la peretele deformat elastic este evident.

După ce corpul, pierzîndu-şi energia cinetică, se opreşte, peretele deformat începe să-şi revină şi să împingă înapoi corpul. In acest stadiu, cauza este peretele deformat, iar efectul — corpul reflectat. Transferul de mişcare de la cauză la efect apare şi aici cu toată claritatea. Lipsa de claritate iniţială se explică numai prin faptul că nu fuseseră separate cele două stadii esenţial diferite ale procesului, care se desfăşoară în sensuri diametral opuse şi în care cauza şi efectul îşi schimbă locul între ele.

In esenţă, cauza reflexiei corpului nu este „lovitura" sau „ciocnirea" în genere, nedescompusă, cu cele două stadii ale ei, ci numai stadiul în care dispare deformaţia elastică a peretelui. Dacă nu ar fi acest stadiu, reflexia nici nu ar putea să aibă loc. Aşa se întîmplă în cazul ciocnirii (perfect nelastice" în care stadiul de reflexie lipseşte.

Scanned with OKEN Scanner

substanţe necesar, legat de această funcţionare. Tocmai în aceasta constă îmbolnăvirea.

În unele cazuri, lipsa unor obiecte materiale, dintre acelea în mijlocul cărora se desfăşoară un proces dat, slăbeşte acţiunea normală a cauzei (exemplul citat, al vitaminelor), în alte cazuri, dimpotrivă această lipsă poate fi deosebit de favorabilă pentru acţiunea pe care o exercită cauza. Dar nici aici cauza nu este ceea ce nu există, ci obiectul material a cărui activitate este „stimulată" de absenţa celuilalt factor. Prezenţa celui dintîi era doar o condiţie care frîna acţiunea cauzei. Pentru a înţelege adevărata esenţă a unor astfel de procese, nu avem voie să confundăm condiţiile în care se desfăşoară acţiunea cauzei cu cauza însăşi. (Problema condiţiilor în care acţionează cauza este tratată mai amănunţit în § 9). Dacă a fost găsită adevărata cauză, a cărei activitate era ecranată de împrejurări exterioare, este totdeauna posibil să punem în evidenţă un transfer de materie şi de mişcare de la cauză la efect. În cazul bolilor infecţioase, al insolaţiilor, precum şi în cazul traumatismelor mecanice etc. prezenţa unui transfer de mişcare şi de materie de la cauză la efect este aproape evidentă de la sine.

O substituire analogă a cauzei prin condiţie are loc, de exemplu, şi în cazul căderii unei mici bile, care era înainte suspendată de un fir fixat; aici în cauză am putea recunoaşte ruperea sau tăierea firului. Desigur, între „cauza" astfel înţeleasă şi bila în cădere nu are loc un transfer de mişcare materială; firul, prin ruperea sa, nu pierde nimic care să se transfere bilei ce începe să cadă. Dar tăierea firului nu este cauza căderii bilei, cum se crede de cele mai multe ori. Cauza este obiectul material numit cîmp gravitaţional. Şi, în adevăr, pe măsură ce bila cade, energia cîmpului gravitaţional dintre Pămînt şi bilă se micşorează şi se transmite bilei, a cărei mişcare se accelerează mereu. Eroarea atît de frecventă în analiza unor astfel de cazuri se explică, pare-se, prin faptul că atenţia noastră este concentrată asupra laturii exterioare a fenomenelor, asupra a ceea ce ni se dezvăluie în mod nemijlocit, asupra a ceea ce, modificîndu-se (ruperea firului), este urmărit fără nici un fel de dificultate şi pus în legătură cu fenomenul nou apărut (începerea căderii). Şi această împrejurare, pe care am înregistrat-o întîi, este declarată cauză. Or, ea nu este cauza fenomenului respectiv, ci o condiţie a cărei prezenţă dă cauzei posibilitatea de a acţiona. Că ruperea firului nu este cauza căderii reiese şi din situaţiile ce apar în condiţiile de imponderabilitate, care pot avea loc, de

Scanned with OKEN Scanner

exemplu, în interiorul unui satelit artificial ce se mişcă liber pe o orbită în jurul Pămîntului. Dacă acolo vom tăia firul de care atîrnă o bilă, aceasta va rămîne în satelit în aceeaşi poziţie în care se menţinuse cînd firul fusese întreg.

În expunerea faptului larg cunoscut al variaţiei masei microobiectelor în timpul mişcării lor, se spune de obicei că aceste variaţii se datoresc vitezei (mai exact, variaţiei vitezei). Dacă lucrurile stau astfel, nici vorbă nu poate fi despre un transfer de materie şi de mişcare de la cauză la efect. De la „viteză" ca atare nu i se transmite nimic şi în nici un fel masei. Dar este oare indicată aici în mod just cauza şi este oare corect interpretat efectul? Nu este. Viteza şi masa nu sînt cauză şi efect care acţionează una asupra celeilalte, ci două caracteristici distincte ale stării obiectului, care variază paralel şi concomitent sub acţiunea unei cauze comune. Această cauză este cîmpul electromagnetic care acţionează asupra electronului. Pentru a ne da mai bine seama de aceasta, să studiem mişcarea unui electron în cîmpul electric dintre două plăci metalice plane cu sarcini electrice de semn contrar. Acest cîmp are o energie determinată şi o masă legată de aceasta. Electronul aflat în cîmp se va mişca sub acţiunea acestuia cu o viteză mereu crescîndă de la placa încărcată negativ spre cea încărcată pozitiv. Concomitent, va creşte şi masa lui. Această creştere a masei este de aşa natură încît unei valori anumite a vitezei electronului îi corespunde o valoare pe deplin determinată a masei sale crescînde. Pe măsura creşterii energiei şi a masei electronului şi pe măsura apropierii sale de placa pozitivă, energia şi masa cîmpului descresc, iar cîmpul însuşi slăbeşte. Din această cauză se produce creşterea energiei şi a masei electronului. Că lucrurile stau astfel reiese din legile de conservare a energiei şi a masei, care se realizează riguros în toate procesele de acest gen: suma maselor cîmpului şi electronului (dacă nu există nici un fel de acţiuni din exterior) rămîne constantă, după cum rămîne constantă şi suma energiilor lor. Aceste legi constituie un argument hotărîtor împotriva reprezentării creşterii vitezei în rolul de cauză a creşterii masei. Dacă vom considera viteza drept cauză, aceste legi nu se vor putea realiza, ceea ce este în dezacord cu realitatea.

Cunoscuta lege din fizică care leagă valoarea masei corpurilor de viteza lor este deci, nu o lege care leagă cauza de efect, ci o lege care leagă două aspecte diferite ale aceluiaşi efect. În § 11 ne vom ocupa mai amănunţit de acest fel de legi, care nu exprimă conexiuni cauzale.

Scanned with OKEN Scanner

Desigur, nu în toate cazurile este ușor să punem în evidență procesul transferului de materie de la cauză la efect. Transmiterea energiei poate fi dezvăluită într-un mod relativ simplu. Cîteodată face impresia că această energie s-ar transmite „ca atare", fără transfer de materie. Deoarece există însă o lege universală care leagă mișcarea de materie, avem toate motivele să credem că în spatele acestui proces se află inevitabil un alt proces, latent. Ca fir al Ariadnei în căutarea acestui proces greu sesizabil poate servi legea relației dintre masă și energie, deși, bineînțeles, masa nu poate fi nicidecum identificată cu materia.

Ideea transferului de materie și de mișcare în lungul lanțurilor cauzative nu este importantă numai sub raport pur filozofic, pentru dezvăluirea esenței conexiunii cauzale în general. Această idee joacă un rol deosebit de mare și în cercetarea proceselor concrete ale naturii pe care le studiază diferite științe. Avem de-a face cu ele totdeauna cînd analizăm procese care se propagă, adică lanțuri cauzative care fie că își măresc întinderea de ansamblu în spațiu, fie procese care, modificîndu-și prea puțin întinderea, se deplasează dintr-o regiune a spațiului în alta. Pentru a exprima acest transfer într-o formă cantitativă precisă, fizica a creat noțiuni ca „flux de masă", „flux de sarcină", „flux de radiație", „flux de impuls", „flux de căldură", „flux de energie" etc., prin care caracterizăm transferul de masă și de mișcare de la cauză la efect. Diversele „ecuații de continuitate" exprimă legile de conservare a mărimilor care se transmit în procesele respective: cantitatea din mărimea considerată care se pierde în veriga procesului pe care o privim drept cauză, este egală cu cea care va fi transmisă verigii determinate de prima și denumită efectul ei.

Această egalitate are loc însă numai în condiții de izolare de acțiunea agenților externi a lanțului cauzativ considerat, adică în condiții cînd nu avem o „intersecție" a lanțului nostru cauzativ cu vreun alt lanț. În caz contrar, efectul poate, de exemplu, sub raport energetic, să întrecă mai mult sau mai puțin cauza. Bineînțeles, aici nu poate fi vorba despre nici un fel de încălcare a legilor de conservare: surplusul de energie este obținut dintr-un alt izvor, cu respectarea strictă a legii conservării și transformării energiei.

Cînd vorbim despre transferul de materie și mișcare de la cauză la efect, ar fi greșit să ne închipuim că acest proces ar fi asemănător, să zicem, cu transmiterea unui obiect, de exemplu a unei monede dintr-o mînă în alta, de-a lungul

Scanned with OKEN Scanner

unui lanț de oameni, transmitere în cazul căreia obiectul rămîne cu totul neschimbat. Generarea efectului de către cauză este, în general, un act de apariție a noului. Acest nou înseamnă prezența unor transformări cultivate mai mult sau mai puțin profunde în materia și în mișcarea care se transmit.

În § 4 ne-am mai ocupat de viteza finită a propagării acțiunii cauzale în lungul lanțurilor de cauzație. Acum avem posibilitatea de a pune acest fapt în directă legătură cu procesul transferului de materie și de mișcare de la cauze la efecte: transmiterea materiei și a mișcării în lungul lanțurilor cauzative are loc totdeauna cu o viteză finită, care nu depășește viteza propagării luminii în vid.

Așadar, ajungem la concluzia că în toate conexiunile cauzale care au loc în realitate, în toate lanțurile cauzative realmente existente, are loc un transfer de materie și de mișcare de la cauză la efect. Pentru ca un fenomen să poată deveni cauza altui fenomen trebuie să aibă loc neapărat între ele un transfer de materie și de mișcare. Această transmitere de materie și de mișcare formează una dintre laturile cele mai importante a ceea ce avem în vedere cînd spunem că efectul este generat de cauză. „Generarea", „cauzarea" este în primul rînd un transfer de materie și de mișcare de la ceva ce există către ceva ce abia apare.

Dacă vom încerca să rezumăm considerațiile de mai sus asupra transferului de materie și de mișcare în lungul lanțurilor cauzative, vom putea folosi o expresie foarte adecvată a lui Hegel: „înaintarea substanței prin cauzalitate . . . ."[27]. Referindu-ne la aceasta, putem spune că legătura cauzală are un caracter substanțial. Acest fapt reliefează în mod deosebit natura obiectivă a cauzalității.

Legătura dintre cauzalitate și substanță a fost subliniată foarte expresiv de V. I. Lenin, care arată: „Pe de o parte, trebuie să adîncim cunoașteera materiei pînă la cunoașterea (pînă la conceptul) substanței, pentru a găsi cauzele fenomenelor. Pe de altă parte, *adevărata cunoaștere a cauzei este adîncirea cunoașterii de la exteriorul fenomenelor la substanță*"[28]. Această observație profundă a lui V. I. Lenin exprimă esența unuia dintre cele mai importante principii ale activității de cunoaștere științifică: cînd căutăm cauzele fenomenelor, trebuie să ajungem pînă la dezvăluirea substratului, a fundamentului

---

[27] Hegel, *Opere*, vol. I, p. 260.
[28] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 38, p. 150 (sublinierea noastră — *I.V.K.*).

Scanned with OKEN Scanner

lor material; altfel, cunoaşterea nu-şi atinge scopul autentic şi rătăceşte la suprafaţa fenomenelor.

Notînd ideea formulată în citatul de mai sus, V. I. Lenin menţiona pentru sine că aici este nevoie de exemple din domeniul ştiinţelor naturii. Se pot da foarte multe exemple de acest fel, care confirmă ideea de mai sus. Iată numai unele dintre ele. Cînd cercetătorii medievali au încercat să explice de ce se ridică apa în urma pistonului în ţeava unei pompe aspiratoare, ei au invocat „oroarea de vid", care ar exista în natură. „Oroarea de vid" era dată drept cauză a acestui fenomen şi a tuturor celor asemănătoare. Era însă numai o aparenţă de explicaţie cauzală, deoarece baza materială a producerii acestui fenomen mai era încă necunoscută şi chiar negată. Datorită celebrelor experimente ale lui Toricelli şi Pascal, această bază materială a fost descoperită: atmosfera şi presiunea exercitată de ea. Acesta a fost sfîrşitul ideii „ororii de vid" a naturii, considerată drept cauză a unor procese fizice. Astfel, explicaţia cauzală a respectivelor fenomene a devenit cu adevărat ştiinţifică şi a căpătat o valabilitate permanentă. Toate procesele de interacţiune ale corpurilor separate printr-un interval spaţial mai mare sau mai mic au fost explicate mult timp printr-o „acţiune la distanţă" imaterială. „Acţiunea la distanţă" era considerată cauza acestor fenomene. După cum a arătat însă dezvoltarea ulterioară a ştiinţei, explicaţia aceasta era iluzorie. Adevărata explicaţie cauzală s-a obţinut abia atunci cînd procesul de cunoaştere a ajuns pînă la descoperirea fundamentului substanţial al interacţiunii, adică pînă la cunoaşterea cîmpului material.

Tot astfel s-au dovedit fictive toate încercările de a explica fenomenele biologice prin acţiunea unei „forţe vitale" imateriale. Biologia a înregistrat succese considerabile tocmai pentru că a eliminat această cauză fictivă şi a ajuns să dezvăluie substratul material al fenomenelor vieţii. La fel de inconsistent a fost şi aşa-numitul psiholamarckism, care a încercat să acrediteze ideea că evoluţia organismelor s-ar explica prin cauze imateriale. Şi aici s-a putut realiza un progres abia atunci cînd gîndirea cercetătorilor a ajuns să cunoască natura materială a conexiunilor cauzale.

Dar, din cele arătate mai sus nu rezultă nicidecum concluzia că orice explicaţie întemeiată pe recunoaşterea unei substanţe ar fi neapărat adevărată. De exemplu, se ştie că reprezentarea de fluid „termic", adică de substanţă „termică" imponderabilă, care ar fi cauza fenomenelor calorice, nu a rezistat în faţa verificării prin experimente cruciale şi a fost

Scanned with OKEN Scanner

dată uitării. Am putea cita şi o serie de alte cazuri asemănătoare. Ele nu arată însă că în principiu toate explicaţiile fenomenelor, prin cauze substanţiale ar fi greşite, ci doar că aflarea acestor cauze este o chestiune deosebit de dificilă. Istoria cunoaşterii ştiinţifice a naturii ne arată că deşi unele explicaţii ale fenomenelor prin cauze substanţiale s-au dovedit greşite, ele au fost înlocuite prin alte explicaţii de acelaşi tip, mai perfecţionate şi mai exacte, pe care ştiinţa le-a menţinut. În acelaşi timp, toate explicaţiile prin cauze principial nelegate de fundamentul substanţial al fenomenelor s-au dovedit fictive, şi, mai devreme sau mai tîrziu, au ajuns la faliment.

6. Repetabilitatea structurii în verigile lanţului cauzativ

Analizînd procesul adăugării de noi şi noi verigi la un lanţ cauzativ şi comparînd particularităţile interioare ale cauzelor şi ale efectelor vecine, descoperim încă o trăsătură esenţială a conexiunii cauzale a fenomenelor. Pentru caracterizarea acestei trăsături vom avea nevoie de noţiunea de „structură".

Ce este structura?

Orice corp este constituit din diverse părţi, care diferă prin proprietăţile lor. Aceste părţi sînt aşezate într-un anumit mod în spaţiu şi legate între ele prin interacţiuni sau relaţii determinate. Structura corpului este tocmai distribuirea relativă în corp a diverselor sale părţi şi sistemul corespunzător, ordinea interdependenţelor materiale ale acestor părţi, a relaţiilor lor prin care ele se reunesc în unitatea şi în integritatea care formează respectivul corp. Astfel, cînd vorbim despre structura unui cristal, avem în vedere faptul că în cristal există părţi individualizate, denumite atomi, precum şi faptul că aceşti atomi sînt aşezaţi într-o ordine riguros determinată în spaţiu, formînd o reţea cristalină.

Avem toată justificarea să vorbim nu numai despre structura corpurilor, ci şi despre o structură a fenomenelor, a proceselor. În orice proces real există faze sau stadii determinate, care diferă mai mult sau mai puţin între ele şi care se succed într-o ordine riguroasă. Să luăm, bunăoară, un proces ca execuţia unei lucrări muzicale. Orice lucrare muzicală, mare sau mică, constă din măsuri, iar măsurile din sunete sau acorduri, care se caracterizează prin înălţime, durată, intensitate, timbru. Ele se succed rînd pe rînd, într-o ordine strict deter-

Scanned with OKEN Scanner

minată. O modificare a caracterului acestor părți sau a ordinii în care urmează una după alta înseamnă o modificare mai mult sau mai puțin esențială a ansamblului procesului. Așadar, relativa separare a diverselor părți și existența unei ordini anumite în reunirea lor sînt inerente și proceselor. Aceasta înseamnă că putem vorbi despre structura proceselor în același sens în care vorbim despre structura corpurilor. Prin urmare, noțiunea de structură are un caracter universal.

Firește, noțiunea de structură nu este absolută. Ea este relativă, deoarece depinde de părțile corpului sau ale procesului la care este raportată. Într-un obiect material real, nu putem indica niciodată părți „ultime", „definitive", „absolute". De exemplu, părțile unei bucăți de metal, cînd este policristalină, sînt diversele granule cristaline, adică monocristalele de diverse dimensiuni, legate într-un mod dezordonat între ele. Aceasta este structura metalului care îl interesează de obicei pe metalograf atunci cînd, după mărimea medie a acestor granule și după forma lor, el apreciază calitatea metalului nou elaborat. Dar fiecare dintre aceste monocristale are părți proprii: atomii dispuși în nodurile rețelei cristaline spațiale. Aceasta este structura metalului care-l interesează pe fizicianul röntgenograf și pe cristalograf. Dar, dincolo de această structură vedem o structură și mai profundă, și mai completă. Ea este legată de elemente ale corpului cum sînt nucleele și învelișurile electronice ale atomilor. Pe treapta următoare a pătrunderii în structura materiei, dăm peste părți ale corpului ca electronii, protonii, neutronii. Acum se discută în fizică și problema structurii acestor din urmă particule. Există chiar primele date experimentale care pledează în favoarea existenței unei astfel de structuri. După cum arată considerațiile teoretice, particule „elementare" ca electronul sau protonul sînt sisteme de învelișuri formate fiecare din perechi virtuale de particule și de antiparticule de o anumită specie. Aceste învelișuri, de dimensiuni care se micșorează consecutiv, sînt cuprinse unele în altele, iar în centrul lor se află ceea ce am putea denumi plastic electronul sau protonul „nud". În cazul protonului, acest sistem de învelișuri este următorul*: (vezi fig. 3): învelișul exterior, format din me-

* În momentul de față structura nucleonului face obiectul unui program vast de cercetări în multe țări ale lumii, fiind considerată una din problemele centrale ale fizicii moderne. În prezent se poate considera ca fiind stabilită în mod cert doar existența norului de mezoni π virtuali al nucleonului (în ce măsură acest nor de mezoni *virtuali* poate fi conceput ca un „înveliș", este discutabil!). Numeroasele încercări de a detecta un „miez mai dens" nu au dus pînă în prezent la rezultate concludente. Existența

Scanned with OKEN Scanner

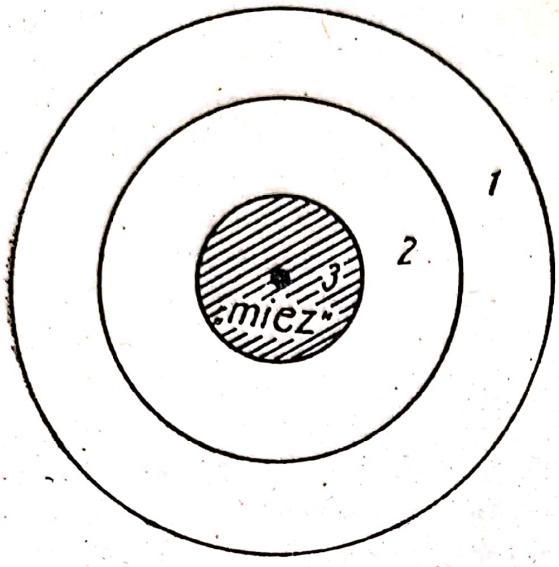


Figura 3

zoni π (1); învelişul mijlociu format din mezoni K şi din hiperoni (2); învelişul interior format din perechi de nucleoni şi antinucleoni (3). Învelişul interior, împreună cu protonul „nud" pe care îl cuprinde (marcat în desen printr-un punct) este denumit „miez" al protonului. Structura neutronului seamănă cu cea a protonului. Electronul are însă o altă structură. Învelişurile sale sînt de alt tip. De exemplu, învelişul exterior este format din perechi electron-pozitron virtuali, şi nu din mezoni π. În ansamblu, sistemul de învelişuri al electronului este mai puţin dens decît sistemul de învelişuri al nucleonilor (protonul şi neutronul).

Desigur, această schiţă a structurii particulelor „elementare", pe care o conturează fizica teoretică actuală, are un caracter cu totul provizoriu. Dar însuşi faptul complexităţii interioare a particulelor „elementare", însuşi faptul că ele au structuri trebuie considerat drept stabilit într-un mod incontestabil. Treptat vor fi descoperite noi şi noi particularităţi ale structurii particulelor „elementare". Şi această pătrundere tot mai adîncă în structura materiei este *infinită*, conform punctului de vedere al materialismului dialectic.

---

unui asemenea „miez" este deseori postulată din dorinţa de a „localiza undeva în nucleu" purtătorul sarcinii barionice şi al spinului semiîntreg, două atribute fizice ale nucleonului „nud" care îl deosebesc de un ansamblu de pioni cu aceeaşi energie totală. În orice caz, chiar dacă am admite existenţa unor „învelişuri concentrice", razele lor trebuie să fie invers proporţionale cu masele particulelor virtuale asociate cu fiecare „înveliş". Cum masele cresc în ordinea: pion, mezon K, nucleon, hiperon rezultă că învelişul „intermediar" poate fi atribuit cel mult unui nor de mezoni K virtuali; perechile virtuale hiperon — antihiperon contribuie, în cadrul unui asemenea model, la însăşi structura „miezului" nucleonului. (*N. T.*).

Scanned with OKEN Scanner

Dar din faptul că noţiunea de structură este corelată cu noţiunea de părţi pe care le putem deosebi într-un corp, nu rezultă că noţiunea de structură ar fi arbitrară şi subiectivă. „Părţile corpului" nu sînt ceva ce există în conştiinţa cercetătorului care analizează un anumit obiect, sau ceva creat după bunul lui plac. Ele sînt elemente materiale obiective, care există cu totul independent de voinţa noastră. Ele sînt aşa cum sînt în virtutea esenţei lor materiale. Într-un cristal există efectiv granule individualizate, monocristale, care se disting uşor la microscopul metalografic. Atomii din care este format fiecare monocristal nu sînt o ficţiune, ci obiecte reale etc. Desigur, structura unui metal, raportată la monocristale este altceva decît structura sa raportată la atomi sau la nuclee sau la învelişurile electronice, sau la învelişurile particulelor virtuale ale electronilor şi ale nucleonilor etc. Dar fiecare dintre aceste structuri există realmente şi ea nu elimină pe celelalte şi nici nu le face mai puţin reale. Astfel, cînd vorbim despre structura unui edificiu mare, putem avea în vedere separarea relativă a diverselor corpuri de clădire şi poziţia lor relativă. Dar putem avea în vedere şi împărţirea pe etaje, ba chiar împărţirea pe apartamente sau pe alte încăperi. Faptul că există o descompunere a edificiului în corpuri de clădire nu face să dispară separarea lui obiectivă în etaje şi în apartamente şi, reciproc, existenţa împărţirii casei pe apartamente nu face să dispară împărţirea ei pe corpuri de clădire.

Prin urmare, deşi în perspectivă rămîne întotdeauna posibil să descoperim într-o structură deja cunoscută a obiectului părţi din ordinul de mărime mai mic imediat următor, aceasta nu face ca structura dezvăluită anterior să-şi piardă caracterul real şi semnificaţia precisă.

Date fiind marea generalitate şi sferă ale noţiunii de structură, avem posibilitatea să comparăm structurile unor obiecte diferite calitativ şi chiar structura unor obiecte cu structura unor procese. Să comparăm, de exemplu, structura unui text tipărit într-o carte cu structura vorbirii celui care citeşte acest text cu glas tare. Structura textului, aşa cum este înregistrat în carte, este structura unui corp constînd în individualizarea diverselor litere şi semne (semne de punctuaţie, cifre, simboluri algebrice etc.) şi în ordinea riguros determinată a succesiunii lor spaţiale (de la stînga spre dreapta în fiecare rînd şi de sus în jos de la un rînd la altul). Structura vorbirii este structura unui proces constînd în individualizarea diverselor sunete cu timbrul, intensitatea şi înălţimea lor şi cu ordinea

Scanned with OKEN Scanner

riguroasă a succesiunii lor în timp. Oricît ar diferi părţile a ceea ce comparăm aici, — literele şi sunetele, — oricît de diferită ar fi relaţia: „mai la stînga — mai la dreapta“ („mai sus — mai jos“) care ordonează spaţial părţile primei structuri, şi relaţia „anterior — ulterior“, care ordonează temporal părţile celei de-a doua structuri, putem vorbi totuşi despre o „identitate de structură“ în cele două cazuri considerate. Ne convingem de existenţa unei importante identităţi între text şi vorbire pe baza faptului că atît cartea cît şi vorbirea ne furnizează exact aceleaşi date.

„Identitatea de structură“ a diverselor obiecte şi procese, concepută generalizat, nu constă în faptul că aceste structuri conţin părţi identice ordonate de aceeaşi relaţie. Identitatea de structură constă în faptul că fiecărui element (fiecărei părţi) al unei structuri îi corespunde un element anumit al celeilalte structuri, şi reciproc; totodată, relaţiei de ordonare dintre două elemente arbitrare ale unei structuri îi corespunde totdeauna o relaţie de ordonare determinată dintre elementele corespunzătoare ale celei de-a doua structuri. Această corespondenţă dintre elementele structurii textului tipărit şi ale vorbirii, precum şi dintre relaţiile de ordonare care leagă între ele elementele celor două structuri este reală. De aceea, putem spune că structura textului tipărit şi structura vorbirii sînt identice, în sensul indicat mai sus.

Să considerăm acum procesul desfăşurării unui lanţ cauzativ, folosind noţiunile de structură şi de identitate a structurilor. Vom lua un exemplu simplu.

Să presupunem că înregistrăm pe disc un cîntec. Fiecare dintre sunetele cîntecului, executat de solist sau de orchestră, este înregistrat într-un element anumit al pistei sonore de pe această placă. Fiecare dintre sunetele consecutive este cauza unei amprente corespunzătoare pe disc. În ansamblu, sunetul melodiei este cauza formării unui lanţ mai mult sau mai puţin complicat de amprente săpate de acul înregistrator în suprafaţa discului. Avem de-a face cu două obiecte calitativ diferite: un proces acustic, ce exprimă melodia, şi urma acului sub forma pistei sonore, care a fixat, a înregistrat acest proces. Între ele există o relaţie de la cauză la efect. Se vede uşor că structura lor este identică, în sensul definit mai sus. Dar efectul devine cauză atunci cînd discul este folosit pentru reproducerea sunetului. Melodia care a răsunat înainte devine acum efect, iar mişcarea acului pe pista sonoră devine cauză. Această cauză şi acest efect au iarăşi structuri identice. Fiecărui sunet al melodiei îi corespunde o urmă bine determinată pe

Scanned with OKEN Scanner

pista discului, iar relației „anterior — ulterior" dintre două sunete arbitrare îi este asociată totdeauna relația „mai aproape — mai departe" (de începutul pistei) dintre amprentele corespunzătoare acestor sunete.

Identitatea de structură a cauzei și a efectului nu este inerentă numai acestui caz simplu și intuitiv. Această identitate poate fi dezvăluită și în procese considerabil mai complicate, chiar dacă expresia ei nu este atît de clară. Să considerăm propagarea cîmpului electromagnetic în vid. Aici lanțul cauzativ se desfășoară astfel: cîmpul electric, generat de o sarcină electrică ce se mișcă accelerat, variază. Prin aceasta, după cum reiese din ecuațiile electrodinamicii clasice, el generează un cîmp magnetic variabil. Acesta, la rîndul său, creează într-un punct vecin al spațiului un cîmp electric variabil, care generează apoi într-un punct vecin un cîmp magnetic variabil și așa mai departe, la infinit. Identitatea de structură a două verigi vecine oarecare din lanțul cauzativ constă în faptul că ambele cîmpuri au un caracter de rotor (rot $E \neq 0$, rot $\neq 0$); ritmul variației lor în timp este același; polarizarea lor este aceeași etc. În acest caz, o aceeași structură este oarecum transferată în lungul tuturor verigilor lanțului care se desfășoară la infinit.

Însă acest transport al structurii invariabile, în lungul lanțului cauzativ, nu are loc nici pe departe întotdeauna. De cele mai multe ori, în cadrul transmiterii succesive a structurii de la o verigă la alta, identitatea ei cu structura verigilor anterioare se pierde într-o măsură tot mai mare, ea se șterge mai încet sau mai repede, în funcție de diverse condiții. Astfel, în cazul propagării undelor electromagnetice în medii materiale, are loc o modificare treptată a formei undei, determinată de dispersie (adică de faptul că undele de lungime diferită se propagă cu viteze diferite), adică poate varia caracterul polarizării; într-o undă care a pătruns într-un mediu anizotrop, de exemplu într-un cristal, orientarea fluxului de energie încetează să mai coincidă cu orientarea propagării undei, cum fusese cazul în mediul izotrop. Așadar, în cazul undei electromagnetice, identitatea de structură dintre verigi așezate la distanțe considerabile ale lanțului cauzativ se pierde tot mai mult, pe măsură ce unda se propagă într-un mediu material. Această pierdere a identității de structură are cauzele ei, care confirmă și ele principiul transmiterii structurii de la cauză la efect. Unda își schimbă forma pentru că este supusă acțiunii centrilor oscilanți ai mediului, care generează ceea ce se cheamă unde secundare, iar aceștia introduc în proces propria lor structură. Pierderea identității

Scanned with OKEN Scanner

de structură este cu atît mai rapidă cu cît este mai mare numărul de noi factori antrenați în procesul considerat, care constituie fundamentul lanțului cauzativ inițial. Datorită acestui fapt se suprapun peste structura anterioară tot mai multe urme ale unor noi structuri, determinate de acești factori suplimentari. Oricare ar fi însă situația, rămîne adevărat că structura efectului reproduce, repetă — totul sau cu foarte multă asemănare, sau în genere într-o anumită măsură — structura cauzei. În aceasta constă încă o caracteristică importantă a cauzalității.

Dacă în capul transmiterii structurii de la cauză la efect situația este de așa natură încît pentru o calitate diferită a părților din structura cauzei și a efectului, relația care le ordonează rămîne măcar parțial neschimbată, atunci identitatea de structură dintre cauză și efect capătă particularități suplimentare esențiale. Așa are loc, de exemplu, transmiterea structurilor în procesele de fotografiere, iar noile ei trăsături pot fi evidențiate cel mai comod pe baza acestui proces. Cauza este aici fluxul de lumină creat prin reflectarea luminii de obiectul fotografiat. Efectul este imaginea întipărită pe placa fotografică. Din structura cauzei fac parte grupuri de raze luminoase care se propagă într-o anumită direcție, care au o amplitudine (o intensitate) determinată, precum și relațiile de ordonare „mai sus — mai jos", „mai la stînga — mai la dreapta", „mai departe — mai aproape". Elementele efectului sînt diversele granule ale emulsiei de pe placa fotografică, în care procesul chimic a atins diverse stadii sub acțiunea luminii, precum și relațiile de ordonare rămase neschimbate: „mai sus — mai jos", „mai la stînga — mai la dreapta" (relația „mai departe — mai aproape" dispare practic). Cauza și efectul ca atare diferă calitativ. Dar structura efectului nu este aici doar „identică" cu structura cauzei, în sensul general despre care a fost vorba mai sus; în cazul acesta, structura efectului este *asemenea, spațial,* cu structura cauzei. De aceea, efectul seamănă ca aspect cu cauza. El devine o *reproducere intuitivă, o copie, o imagine* mai mult sau mai puțin fidelă *a cauzei.*

Faptul transmiterii structurii de la cauză la efect are o importanță gnoseologică uriașă. Cînd o anumită influență din exterior determină în noi o anumită percepție, deși această influență și percepția senzorială pe care o generează sînt diferite calitativ, structurile lor sînt identice, iar relația de ordonare rămîne, cel puțin parțial, neschimbată. Să considerăm, de exemplu, perceperea unui anumit proces sonor.

Scanned with OKEN Scanner

Structura procesului sonor constă în separarea unor anumite stadii sau faze, care se deosebesc prin anumite frecvenţe sau chiar printr-o întreagă mulţime de frecvenţe ale vibraţiilor corespunzătoare, prin amplitudine, durată, precum şi prin relaţia de coordonare „anterior — posterior". Structura percepţiei auditive a acestui proces este individualizarea diverselor senzaţii elementare, care sînt ceea ce denumim, de obicei, tonul, timbrul, intensitatea, durata, precum şi aceeaşi relaţie de coordonare „anterior — posterior". Fiecărei părţi a structurii procesului sonor îi corespunde o anumită parte a percepţiei auditive, iar relaţiei de ordonare dintre două elemente arbitrare ale procesului sonor îi este asociată aceeaşi relaţie de ordonare din sfera percepţiei. Prin urmare, structura procesului sonor şi cea a percepţiei auditive sînt identice. O identitate similară a structurilor are loc şi în cazul altor acţiuni exterioare şi al percepţiilor corespunzătoare. Şi tocmai datorită acestui fapt căpătăm posibilitatea de a ne face o idee pe baza datelor simţurilor despre influenţa venită din exterior, despre structura şi esenţa ei. Structura cauzei se întipăreşte, într-o măsură mai mare sau mai mică, în efect. Acesta este unul dintre cele mai importante aspecte ale proprietăţii materiei, care, după cum se exprimă V. I. Lenin, se află la însăşi baza ei şi pe care a denumit-o „proprietatea de reflectare". Structura efectului este o reflectare a structurii cauzei. După cum am văzut, această reflectare se apropie cu atît mai mult de o imagine intuitivă, cu cît relaţia de ordonare din structurile cauzei şi efectului este mai asemănătoare, deşi între cauză şi efect există deosebiri calitative decisive.

Dar transferul structurii de la cauze la efecte, care este o reflectare a unor fenomene în altele, este important nu numai pentru că determină în genere posibilitatea cunoaşterii ştiinţifice precise a fenomenelor naturii care acţionează nemijlocit asupra organelor noastre de simţ. El permite gîndirii omului să înainteze de la fenomenele care acţionează direct asupra organelor noastre de simţ, la cunoaşterea fenomenelor care nu acţionează asupra organelor de simţ. Este vorba fie despre fenomenele care au mai avut loc într-un trecut mai mult sau mai puţin îndepărtat, fie despre cele care urmează abia să se producă în viitor. Poate fi vorba şi despre fenomene care nu sînt percepute direct de nici unul dintre organele noastre de simţ, cum ar fi procesele electromagnetice de frecvenţă foarte mică sau foarte mare, chiar dacă ele, spaţial şi temporal, se produc în imediata noastră apropiere. Un

Scanned with OKEN Scanner

fenomen care s-a produs de mult (cînd omul nici nu exista încă) a putut fi cauza unui alt fenomen pe care îl percepem în prezent cu ajutorul organelor de simţ. Teza transferului de structură de la cauze la efecte ne permite să tragem concluzii extrem de importante despre cauza care a încetat să existe, pe baza studiului particularităţilor efectului prezent, pe care-l percepem acum cu organele noastre de simţ. Astfel, se desfăşoară procesul ascensiunii gîndirii de la efecte la cauze, iar de la acestea la cauze şi mai îndepărtate, la verigi tot mai îndepărtate în trecut ale lanţurilor cauzative. În mod analog, repetabilitatea structurilor la cauze şi la efecte dă un fundament cert pentru progresul gîndirii de la cauzele percepute în momentul de faţă la efecte care ar putea abia să se producă în viitor. Datorită acestui fapt devine posibilă prevederea ştiinţifică — rodul cel mai important şi mai valoros al cunoaşterii ştiinţifice a lumii.

Transferul structurii de la cauze la efecte, care dă, după cum am relevat, o reflectare a unor fenomene în altele, oferă posibilitatea cunoaşetrii şi a proceselor care nu pot fi percepute de organele noastre de simţ. Astfel de fenomene se reflectă în alte fenomene, în particular în cele care pot fi percepute de simţurile noastre. Aceasta ne permite de a studia respectivele fenomene.

Aşadar, pentru cunoaşterea umană nu există, în principiu, nici un fel de limite pentru pătrunderea în toate sferele lumii înconjurătoare.

Recunoaşterea identităţii de structură (totale sau parţiale) a cauzei şi a efectului generat de ea stă la baza tuturor procedeelor şi metodelor cercetării ştiinţifice a naturii. După cum am subliniat mai sus, ea este cea care ne permite să facem pasul de la un fenomen dat nemijlocit în experiment, la un altul, care este cauza primului, însă necunoscut încă, ascuns. Elaborarea metodelor de cercetare pentru diversele obiecte, a metodelor celor mai adecvate problemei care ne interesează, este legată direct sau indirect de căutarea unor mijloace materiale la utilizarea cărora transferul de structură să-şi poată găsi expresia cea mai clară şi directă. Fluxul luminos este un obiect material în care, în condiţii corespunzătoare, îşi găseşte o reflectare structura corpurilor, după cum ne-o arată deosebit de clar şi de simplu exemplul fotografiei. Datorită folosirii microscopului, aceeaşi metodă a fasciculelor luminoase este aplicabilă la studiul unor obiecte ale căror dimensiuni sînt inferioare limitei de sensibilitate a ochiului. În această privinţă însă, fluxul luminos seamănă cu fluxuri

Scanned with OKEN Scanner

de alte particule „elementare", adică electroni, protoni, neutroni etc. Metoda de a acționa a obiectelor cercetate asupra fluxurilor de particule „elementare" este folosită pe scară largă în fizica actuală, la studiul unor structuri incomparabil mai fine și mai profunde decît cele din fotografia optică, care înregistrează numai aspectul exterior al corpurilor (care este și ea o structură!) ce acționează asupra fluxului luminos, Astfel, cu ajutorul fasciculelor de electroni se studiază structura cristalelor, adică așezarea spațială a atomilor care le constituie. Structura cristalului se întipărește într-un mod bine determinat în structura fasciculului de electroni difuzați. Între structura cristalului și structura acestui fascicul, fixată pe electronograma corespunzătoare (analogă debye- și lauegramei röntgenologice) există o corespondență univocă. Pe ideea că între cele două structuri există o astfel de corespondență (o „identitate" în sensul definit mai sus) se întemeiază convingerea savanților că după particularitățile fasciculului electronic difuzat, fixat într-un mod pe care-l putem percepe cu simțurile, avem posibilitatea să ne facem o idee despre structura ascunsă a cristalului inaccesibilă simțurilor.

Convingerea că trebuie să existe o anumită asemănare de structură între cauză și efect i-a călăuzit pe fizicieni și în elaborarea metodei de cercetare a structurii interne a moleculelor cu ajutorul fluxurilor de electroni. În așa-numitul microscop electronic se așază în calea fluxului de electroni o moleculă, a cărei structură urmează a fi studiată. Sub acțiunea moleculei, structura fluxului se modifică în așa fel încît structura internă a moleculei este reflectată într-un mod determinat. Deoarece la microproiectorul electronic actual se pot obține măriri de ordinul a 2 000 000 ori, structura moleculei a putut deveni accesibilă ochiului. Astfel, s-a obținut imaginea prin umbre (proiecții) ale moleculei de ftalocianină, care confirmă prevederile teoriei structurii chimice.

Fluxurile de electroni servesc ca mijloc și pentru dezvăluirea structurii interne a particulelor „elementare". Un flux de electroni rapizi difuzați, să zicem, de un proton, înregistrează într-un mod determinat structura protonului, care-și găsește expresia în distribuția spațială a sarcinii sale.

Desigur, stabilirea identității de structură a cauzelor și a efectelor este, în majoritatea cazurilor, o chestiune deosebit de dificilă. Ea se mai complică prin faptul că în proces intervin influențele multor circumstanțe secundare, care sînt foarte greu de separat de cursul principal al fenomenelor. Pe de altă parte, situația se mai complică pentru că structurile

Scanned with OKEN Scanner

cauzelor şi ale efectelor sînt adeseori aproape cu totul necunoscute, ceea ce face ca stabilirea corespondenţei dintre structuri să rămînă o chestiune de viitor. Mai devreme sau mai tîrziu însă, într-un fel sau altul, reuşim să o realizăm. Aceasta serveşte nu numai ca expresie a unui nou succes al gîndirii ştiinţifice, ci şi ca fundament pentru progresul continuu al ştiinţei. Descoperirea identităţii de structură a cauzei şi a efectelor, în fiecare domeniu de fenomene are loc nu numai pe baza perfecţionării mijloacelor experimentale, ci şi, în egală măsură, pe baza dezvoltării teoriei acestor fenomene.

7. Lanţurile cauzative sînt „fără început" şi „fără sfîrşit". Complexitatea naturii cauzelor

După cum am arătat mai sus, orice fenomen are o cauză proprie. Dar cauza însăşi care a generat efectul, fenomenul, este, la rîndul ei, efectul unei alte cauze, care şi ea are o cauză a ei etc. Există oare vreo „cauză primă" în acest şir, care să le preceadă pe toate, sau şirul nu poate avea în principiu nici un început? Răspunsul la această întrebare este de o deosebită importanţă pentru caracterizarea particularităţilor cauzalităţii.

Materialismul dialectic ne învaţă că nu există nici un „punct de plecare", nici un „punct iniţial" în mişcarea eternă a materiei. De aici rezultă în mod necesar că nu există nici „verigă iniţială" în lanţul cauzelor şi al efectelor. Orice lanţ cauzativ pe care-l descoperim sau pe care-l putem descoperi în natură nu are un început căruia să i se poată atribui o valoare absolută. Oricît de multe verigi am număra în indiferent ce lanţ cauzativ, mergînd de la prezent spre trecut, va rămîne totdeauna un şir infinit de cauze şi efecte legate între ele, care se pierd în depărtarea neexplorată a fenomenelor ce au existat înainte.

Desigur, sîntem în drept să întrebăm: cînd şi cum, ca urmare a ce, au apărut, bunăoară, fiinţele vii pe Pămînt; sau, cînd şi cum, ca urmare a ce, a apărut însuşi Pămîntul; ce a cauzat apariţia lor? Cînd vorbim astfel, desprindem o anumită verigă din lanţurile cauzative, pe care o adoptăm ca punct iniţial. Dar acesta este punctul iniţial al dezvoltării unui obiect calitativ determinat dat sau al unui grup de obiecte, a căror existenţă constituie numai o parte infimă din lanţul cauzativ de care sînt indisolubil legate. Deşi obiectul respectiv sau

Scanned with OKEN Scanner

obiectele respective apar la un moment anumit al timpului, sub acțiunea unor cauze anumite, al căror complex poate fi considerat cu deplin temei ca fiind inițial pentru aceste obiecte, cauzele respective au fost totuși precedate de un șir infinit de alte cauze și efecte înlănțuite unele de altele. Iar mulțimea de verigi ale acestui lanț cauzativ precedent ar putea fi considerată, în același fel, ca fiind „inițială", pentru obiectele calitativ specifice corespunzătoare, care au apărut cîndva, într-un trecut mai mult sau mai puțin îndepărtat.

Se poate vorbi despre o anumită cauză ca fiind punctul de plecare al existenței unui anumit obiect material, finit, dar este un nonsens să vorbim despre o „cauză primă" a lanțurilor cauzative în ansamblul lor, despre o „cauză primă" a dezvoltării întregii lumi materiale și a mișcării ei. Ea nu a avut și nu a putut avea un început.

Cele spuse despre trecut sînt valabile însă, *mutatis-mutandis*, și pentru viitor. Orice fenomen care ia naștere acum, urmează să devină cauza generatoare a unui efect. Acest efect va produce inevitabil un nou efect care, la rîndul său, va da cîndva naștere unui efect al său etc., *la infinit*. Orice lanț cauzativ se va continua în viitor, crescînd cu o infinitate de noi și noi verigi. Și nici una dintre ele nu va putea să devină absolut ultima, veriga definitivă care rupe pentru totdeauna lanțul de cauzație.

Putem spune că un anumit fenomen, un anumit obiect material care reprezintă o anumită cauză sau un complex de cauze își va înceta mai curînd sau mai tîrziu existența. Dar acest sfîrșit nu are nicidecum o semnificație absolută. El se referă numai la fenomenul concret respectiv, iar în urma lui vor apărea noi verigi ale lanțului cauzativ, care se vor continua într-un viitor și mai îndepărtat. În partea care se desfășoară în viitor a lanțului cauzativ putem considera o mulțime de verigi ca „finale", ca „verigi de închidere", dar și aceasta va fi valabil numai pentru diversele corpuri și fenomene concrete, care-și încheie existența și care constituie o parte infimă a lanțului cauzativ care se îndepărtează în viitor.

Așadar, lanțurile cauzative sînt „fără început" și „fără sfîrșit". Ele sînt infinite în trecut și în viitor. Recunoașterea acestei particularități a cauzalității prezintă o mare importanță filozofică. Nu ne putem situa pe un punct de vedere materialist consecvent dacă nu recunoaștem lipsa unui început și a unui sfîrșit la lanțurile cauzative. După cum ne arată istoria

Scanned with OKEN Scanner

ştiinţei, orice încercare de a găsi o cauză sau cauze absolut „prime", care să fi dat naştere la ceea ce există, înseamnă să recurgem într-o formă sau alta la o minune, la o forţă supranaturală, adică înseamnă un divorţ total cu ştiinţa şi cu filozofia ştiinţifică. Tot astfel, şi ideea existenţei unor „verigi ultime" în lanţurile cauzative echivalează cu recunoaşterea fatalităţii, care va curma cîndva în mod violent, catastrofic desfăşurarea naturală a evenimentelor şi va opri dezvoltarea naturii. Aceasta ne readuce la ideea unui „principiu prim" mistic, care ar fi făcut odinioară posibilă existenţa lumii şi dezvoltarea ei.

Cînd spunem că lanţurile cauzative sînt fără început şi fără sfîrşit, nu trebuie să credem că aceste lanţuri s-ar întinde ca nişte drepte infinite, paralele între ele şi independente unele de altele. Dimpotrivă, ele se împletesc în modul cel mai complex şi mai bizar. Verigile unuia dintre ele se împletesc cu verigile altuia, în aşa fel încît, pentru un timp, cele două lanţuri încetează de a mai fi distincte, după care se despart din nou, putînd acum să se împletească cu alte lanţuri etc. Pentru a lămuri cele de mai sus, să analizăm următorul exemplu. Pe cîmp există un copac singuratic. Apariţia, creşterea şi existenţa lui actuală sînt rezultatul unui lanţ cauzativ lung. Cîndva, într-o zi caldă de vară, apare deasupra acestui cîmp un nor de furtună. Formarea, sosirea lui şi electrizarea sa intensă sînt rezultatul unui alt lanţ cauzativ, independent de cel dintîi. Şi iată că în nor apare un trăsnet. Acesta loveşte copacul, îl arde şi îl distruge. Astfel, cele două lanţuri cauzative care fuseseră înainte separate, se unesc unul cu celălalt. După aceea însă, cele două lanţuri se despart iarăşi şi apare posibilitatea ca fiecare dintre ele să se lege de un alt lanţ.

Acest exemplu este unul dintre cele mai simple şi am examinat în el numai liniile de legătură principale, omiţînd infinitatea celorlalte linii. Dar chiar de aici se vede că relaţia reală dintre lanţurile cauzative nu-şi găseşte expresia în tabloul unor fire întinse paralel. Ea este mai aproape de imaginea unei reţele complicate, unde fiecare fibră este direct sau indirect legată de o mulţime de alte fibre. Dar şi această imagine intuitivă mai este departe de realitate. Aceasta se explică nu numai prin varietatea şi multiplicitatea împletirilor dintre lanţurile cauzative în ansamblu, ci şi prin complexitatea naturii fiecărei verigi în parte.

Am ajuns la concluzia că nu există nici un fel de „cauze prime" care să fi precedat în timp toate celelalte cauze.

Scanned with OKEN Scanner

Însă în istoria filozofiei și a științelor naturii, mulți au conceput și într-un alt sens noțiunea de „cauze prime". S-a înțeles prin aceasta cauzele care sînt cît se poate de simple, „cele mai elementare", care, neavînd nevoie de nici o explicație, explică exhaustiv tot ce se întîmplă în Univers. Căutarea acestor „cauze prime" sau „cauze supreme" a fost declarată ultimul scop al cunoașterii științifice, și se considera că este adevărat sistemul filozofic capabil să arate că meritul de a fi descoperit aceste „cauze prime" îi revine tocmai lui. Secole de-a rîndul a dominat părerea că aceste „cauze prime" sînt cauze pur mecanice, ca deplasarea spațială a corpurilor, ciocnirile lor, elasticitatea. În conformitate cu aceasta au fost căutate, dincolo de întreaga varietate infinită a fenomenelor și a cauzelor care le generează, cauzele care erau considerate ca fiind esența lor adevărată. Astfel, eminentul cercetător al naturii din secolul al XVII-lea, Chr. Huyghens, întemeietorul teoriei ondulatorii a luminii, declara că este adevărată filozofia „în care cauzele tuturor efectelor naturale sînt explicate prin motive mecanice". Unul dintre cei mai mari filozofi materialiști din secolul al XVIII-lea, P. Holbach, afirma categoric: „Vedem că în Univers totul se petrece potrivit unor legi mecanice, pe baza proprietăților, combinărilor, modificărilor materiei . . ."[29].

În esență, aceste concepții s-au menținut și în primul sfert al secolului al XX-lea, deși datele obiective ale științei le contraziceau într-un mod net și efectiv.

La timpul ei, ideea „cauzelor prime", a cauzelor celor mai simple și mai fundamentale a jucat un important rol progresist. Ea a constituit o armă în lupta împotriva concepțiilor dogmatice încremenite ale peripateticienilor, care încercau să prezinte lumea ca pe un conglomerat format dintr-o mulțime de grupuri de fenomene absolut izolate unele de altele, în fiecare dintre aceste grupuri acționînd cauze specifice, care nu au nimic comun unele cu altele. Ideea „cauzelor prime" i-a îndemnat pe oamenii de știință să caute conexiuni între fenomene în pofida separării și izolării lor aparente, să caute o bază comună a fenomenelor. Dar pe măsură ce ideea unității naturii, ideea conexiunii universale a fenomenelor devenea dominantă, ideea „cauzelor prime" a început să joace un rol de frînă tot mai accentuat. Ea împiedica să se vadă dincolo de conexiunea fenomenelor deosebirea lor calitativă, neobișnuita lor complexitate lăuntrică.

[29] Holbach, *Sistemul naturii*, Editura Științifică, București, 1957, p. 604.

Scanned with OKEN Scanner

Materialismul dialectic şi ştiinţa contemporană au dezvăluit inconsistenţa ideii conform căreia în natură ar exista „cauze prime", „cauze care sînt cele mai elementare".

Ceea ce acţionează în natură ca o cauză reală este un obiect material. Dar nu există obiecte care să fie cele mai elementare, nu există entităţi care să fie absolut simple. Materia este inepuizabilă în adîncime: dincolo de esenţa de ordinul întîi se află esenţa de ordinul al doilea, dincolo de aceasta, se află esenţa de ordinul al treilea, al patrulea şi aşa mai departe, *la infinit*. Corpurile care ne înconjură sînt constituite din molecule, moleculele din atomi, atomii din învelişuri electronice şi din nuclee, nucleele din protoni şi neutroni. Şi, deşi electronii, protonii, neutronii, ca şi celelalte obiecte materiale similare (mezonii, hiperonii, fotonii etc.) continuă să mai fie denumite particule „elementare", nu avem motive să le considerăm ca fiind absolut simple, ca neavînd o structură internă complexă. Cercetarea structurii lor interne este recunoscută astăzi ca o sarcină fundamentală a fizicii moderne, care a şi făcut primii paşi promiţători pe calea rezolvării ei. Şi, desigur, ar fi cu totul nejustificat să credem că elementele care constituie structura lor, vor fi, de astă dată „entităţile ultime".

Dacă vom ţine seama şi de faptul că toate corpurile din jurul nostru nu sînt în genere decît elemente care aparţin Pămîntului, că Pămîntul şi celelalte planete sînt elemente ale sistemului solar, că Soarele cu toţi sateliţii săi este un element infim al structurii Galaxiei, care este şi ea o parte foarte mică a Metagalaxiei, va apărea în faţa noastră tabloul inepuizabilei complexităţi a materiei, al prezenţei unei infinităţi de nivele diferite, individualizate calitativ, ale esenţei, care sînt dominate de legi specifice. În acest tablou, multe lucruri mai rămîn neclare, atît în părţile referitoare la uriaşele formaţiuni stelare, cît şi în domeniile corespunzătoare particulelor „elementare". Dar nu putem să nu recunoaştem drept un fapt stabilit existenţa unor cauze specifice care acţionează la diverse nivele şi care nu sînt reductibile unele la altele, deşi sînt strîns legate între ele. Pentru a confirma aceasta, putem invoca următorul fapt: pe cînd în fenomenele la scară cosmică rolul esenţial revine cîmpului gravitaţional, interacţiunii gravifice, acest cîmp joacă un rol neînsemnat la nivelul molecular şi, cu atît mai mult, la cel atomic. La nivelul atomic, cauzele esenţiale se materializează în cîmpuri de alt tip, de cu totul altă natură. Particulele încărcate electric interacţionează prin mijlocirea cîmpului elec-

Scanned with OKEN Scanner

tromagnetic, care este agentul cauzal fundamental în acest domeniu. Însă la nivelul subatomic, aceste cîmpuri trec pe al doilea plan, rolul dominant revenind acum așa-numitelor interacțiuni nucleare.

De obicei, se spune că interacțiunea gravitațională, de exemplu a electronilor, este foarte mică și de aceea ea poate fi neglijată, acordîndu-se primul loc interacțiunii electromagnetice. Tot astfel se spune că la distanțe foarte mici (de ordinul a 10^{-13} cm) forțele electromagnetice devin infime în comparație cu cele nucleare, drept care le putem neglija, ținînd seama numai de forțele nucleare. Nu are oare acest mod de a ne exprima defectul esențial de a impune o reprezentare despre natură potrivit căreia obiectele există totdeauna și pretutindeni gata constituite, variind numai ca dimensiuni, pur cantitativ? Dacă acțiunea acestor cîmpuri nu este atît de considerabilă încît trebuie să ținem seama de ea, se pune întrebarea dacă ele există realmente? Oare nu avem voie să presupunem că la nivelele menționate se produce un salt calitativ, astfel că la unul încetează să mai existe cîmpul gravitațional, iar la celălalt cîmpul electromagnetic? Nu avem nici un fel de bază pentru a presupune că aceleași cîmpuri electromagnetice care există în exteriorul electronului ar exista și în interiorul lui. Desigur, aceasta nu este, deocamdată, decît o supoziție, dar se pare că ea nu este într-o concordanță mai proastă cu faptele decît afirmația obișnuită, că în cazurile menționate cîmpul gravitațional și cel electromagnetic sînt infim de slabe, deși există.

Indiferent dacă acceptăm sau nu presupunerea de mai sus, aceasta nu va zdruncina afirmația că o dată cu trecerea de la un nivel de obiecte, de entități materiale la un alt nivel, natura factorilor cauzali principali se schimbă considerabil. Și nu avem nici un fel de motive să impunem naturii anumite limite sau hotare ale acestor schimbări. Mai naturală este afirmația că această schimbare, această transformare nu are limite și hotare, nici cînd trecem spre domenii mereu crescînde ale macrocosmului, nici cînd trecem în sfera dimensiunilor microscopice din ce în ce mai mici. Acești factori cauzali posedă un specific calitativ și sînt ireductibili unul la altul, deși nu sînt izolați unul de altul. De aici rezultă că în natură nu există nici un fel de „cauze prime", nici un fel de „cauze cele mai simple" la care să fim obligați a reduce absolut toate fenomenele.

Această situație este adesea folosită de pozitiviști pentru a critica ideile materialiste despre sarcinile cunoașterii știin-

Scanned with OKEN Scanner

ţifice, cu scopul de a demonstra „subrezenia", „slăbiciunea", caracterul „convenţional" şi „subiectiv" al oricărei explicaţii ştiinţifice a proceselor studiate. Dacă sarcina ştiinţei constă în explicarea fenomenelor, spun pozitiviştii, această sarcină nu poate fi în principiu rezolvată, iar orice explicaţie este iluzorie, deoarece, la rîndul ei şi ea necesită o explicaţie; însă această explicaţie este construită pe altceva, care trebuie iarăşi explicat, şi aşa mai departe, la infinit, neexistînd cauze primare, finale, la care să ne putem opri şi să spunem că explicaţia este încheiată, că ea are un caracter absolut, exhaustiv.

Ne străduim „să explicăm" originea vieţii pe Pămînt, dar întîi trebuie „să explicăm" formarea Pămîntului însuşi, altfel, prima explicaţie nu poate fi considerată completă şi încheiată. Dacă vom reuşi să facem aceasta, va trebui să ne preocupăm de originea sistemului solar şi a Soarelui. Dar nici aici procesul nu se termină: raţionamentele noastre ne conduc de la o cauză la alta, tot mai departe şi mai departe în trecutul lumii. Punctul unde oprim „explicaţia" este ceva pur convenţional, subiectiv şi, de aceea, întreaga noastră cunoaştere este convenţională, subiectivă, esenţialmente iluzorie, deoarece este lipsită de un fundament definitiv.

Vom ajunge la aceeaşi concluzie, susţin mai departe pozitiviştii, dacă vom renunţa la recunoaşterea „cauzelor prime" ca fiind cele mai elementare. Astronomul explică mişcarea corpurilor cereşti prin acţiunea gravitaţiei, dar însăşi gravitaţia are nevoie de o explicaţie, astfel că trebuie să mergem tot mai adînc în esenţa lucrurilor. Dar o dată ce nu există cauze „fundamentale", „cele mai simple", nu avem nici un fel de temei pentru a pune capăt explicaţiei noastre, făcînd-o astfel definitivă, deci şi necondiţionată, neafectată de subiectivitatea bunului nostru plac. Aceste considerente care tind să demonstreze caracterul convenţional, subiectiv, iluzoriu al cunoaşterii ştiinţifice au fost invocate, de exemplu, de P. Duhem, în cartea sa *Teoria fizică. Scopul şi structura ei.* Aceste raţionamente sînt însă total greşite. Refuzul de a recunoaşte „cauzele prime", indiferent dacă sînt considerate ca absolut iniţiale în timp faţă de toate celelalte cauze sau ca fiind cauzele cele mai elementare, care nu mai pot fi explicate, nu ne conduce cu necesitate la concluzia că cunoaşterea ar fi convenţională, subiectivă, iluzorie. Următorul exemplu simplu ne va convinge de aceasta.

De pe un acoperiş a căzut o bucată de gheaţă, care s-a format la o cornişă şi a spart o fereastră de la parter. Din ce

Scanned with OKEN Scanner

cauză a fost spartă sticla? Răspunsul este clar: lovitura bucăţii de gheaţă. Dar avem dreptul să întrebăm: de ce a căzut bucata de gheaţă? La aceasta vom răspunde: în ziua aceea era mai cald, gheaţa începuse să se topească, din care cauză a slăbit legătura dintre bucata de gheaţă şi acoperiş, iar sub acţiunea forţei de gravitaţie ea s-a desprins de cornişă. Curiozitatea noastră nu este încă satisfăcută cu atît, ci punem o nouă întrebare: din ce cauză a fost mai cald în ziua aceea.

Informîndu-ne la instituţia meteorologică competentă, răspundem: încălzirea s-a produs pentru că, în perioada aceea s-au apropiat de regiunea noastră mase de aer cald, formate în anumite regiuni din sud. Or, există o cauză reală care a făcut ca aceste mase de aer cald să se formeze la momentul respectiv acolo şi există o cauză reală în virtutea căreia aceste mase de aer nu s-au mişcat în altă parte, ci tocmai spre regiunea care ne interesează. Întrebăm iarăşi: de ce? — şi dăm răspunsul, cu mai multă sau mai puţină greutate. Este clar că întrebările noastre merg tot mai departe şi mai departe, şi că nu le-am putea epuiza niciodată astfel încît să punem punct o dată pentru totdeauna.

Dar ce înseamnă toate acestea? Oare din cauză că nu am încheiat enumerarea tuturor verigilor acestui lanţ cauzativ, neajungînd pînă la „cea din urmă", nu am ajuns la explicarea reală a motivului pentru care a fost spart geamul, ci la o explicaţie iluzorie, convenţională, subiectivă? Oare chiar primele verigi ale acestui lanţ nu ne-au sugerat idei adecvate despre ceea ce ar trebui să facem pentru ca astfel de cazuri să nu se mai întîmple? Oricare ar fi „cauza primă" a tuturor celor întîmplate (presupunînd, bineînţeles, că ea ar exista), pe care pozitiviştii ne silesc să o căutăm, rămîne certă afirmaţia că geamul a fost spart de lovitura unei bucăţi de gheaţă ce a căzut de pe acoperiş. Tot atît de bine stabilită este şi afirmaţia noastră că bucata de gheaţă a căzut sub acţiunea comună a încălzirii şi a forţei de gravitaţie. Şi nici un fel de referiri la existenţa unor „cauze prime" nu pot zdruncina această explicaţie. Este evident că explicaţia pe care am dat-o nu conţine nimic convenţional, subiectiv şi iluzoriu. Firească, gîndirea ştiinţifică merge mai departe, cercetînd şi natura căldurii, a radiaţiei solare, şi natura gravitaţiei, şi cauzele formării maselor de aer cald, şi cauzele care determină aceste mase de aer să se mişte într-un anumit fel şi nu în altul etc. Dar aceasta va fi în fapt o explicaţie a fenomenelor enume-

Scanned with OKEN Scanner

rate, şi nu a fenomenului despre care a fost vorba în fond în exemplul menţionat.

Se poate ajunge la ideea caracterului convenţional, iluzoriu al cunoaşterii ştiinţifice numai în urma unei interpretări eronate a esenţei explicaţiei ştiinţifice. Se admite de la bun început că cunoaşterea ştiinţifică a fenomenelor, oricare ar fi acestea, înseamnă stabilirea „cauzelor prime". O dată însă ce aceste cauze nu există, explicaţia respectivelor fenomene devine şi ea imposibilă. În realitate însă, cunoaşterea ştiinţifică autentică a oricărui fenomen nu înseamnă „găsirea cauzelor prime", ci dezvăluirea conexiunilor permanente, necesare şi esenţiale ale unui fenomen cu alte fenomene, punerea în evidenţă a condiţiilor materiale în care există fenomenul şi a cauzelor care îi dau naştere, îl modifică, îl transformă într-un alt fenomen. Această explicaţie este realizabilă nu prin enumerarea şirului infinit al tuturor cauzelor care au precedat cauza respectivă, ci prin desprinderea a ceea ce este principal, decisiv în conexiunile cele mai apropiate ale fenomenului nostru cu alte fenomene care îl determină. Bineînţeles, o astfel de explicaţie este întotdeauna incompletă. De aceea, ea este relativă. Dar ea nu este nici convenţională, nici iluzorie, nici subiectivă. Ea are ceva obiectiv, anume ceea ce nu poate fi revocat de nici un fel de progrese ulterioare ale cunoaşterii. Prezenţa grăunţelor de adevăr absolut în orice explicaţie ştiinţifică concordă cu faptul că, oricare ar fi toate cauzele precedente, rămîne incontestabilă legătura fenomenului considerat cu cauza care i-a dat naştere în mod nemijlocit, precum şi faptul că tocmai ea are o importanţă hotărîtoare, determinîndu-i apariţia. Tot astfel, oricare ar fi agenţii cauzali la un nivel mai profund al materiei, care determină o esenţă mai profundă a fenomenului nostru, rămîne invariabil faptul legăturii dintre esenţe la nivelul considerat. De aceea, progresul gîndirii ştiinţifice de la un nivel la altul îmbogăţeşte şi aprofundează într-o măsură imensă cunoştinţele noastre, dar nu revocă nimic din cunoştinţele dobîndite anterior şi verificate de experiment, de practică.

8. Ireversibilitatea conexiunii cauzale

Procesul desfăşurării lanţurilor cauzative, al îmbogăţirii lor cu noi şi noi verigi mai are o trăsătură caracteristică, el este ireversibil în timp. Relaţia dintre cauză şi efect are o

Scanned with OKEN Scanner

anumită orientare interioară, care nu poate fi eliminată în nici un fel de condiţii. Acţiunea exercitată de cauză, generarea efectului de către cauză are loc într-un sens pe deplin determinat: de la ceea ce este spre ceea ce devine, spre ceea ce va fi, adică de la trecut la prezent, de la prezent la viitor. Şi întotdeauna este aşa. Este imposibil să inversăm această relaţie dintre cauză şi efect. Faptul acesta este determinat de următoarele: cauza şi efectul nu sînt două entităţi perfect egale în drepturi, ci două entităţi dintre care una o determină pe cealaltă, ceea ce face ca relaţiile dintre ele să fie caracterizate printr-o mai mare activitate.

Fizica modernă nu s-a mărginit să aducă doar noi confirmări ale tezei dinainte cunoscute cu privire la ireversibilitatea conexiunii cauzale, ci a furnizat totodată un criteriu univoc şi precis al existenţei acestei ireversibilităţi. Mai mult, ea a reuşit chiar să exprime într-o formă cantitativă clară faptul ireversibilităţii conexiunii cauzale. Aceasta s-a obţinut în teoria relativităţii.

Fizica clasică admitea drept ceva de la sine înţeles că absolut toate fenomenele lumii sînt coordonate în spaţiu şi în timp într-un mod absolut, adică independent de starea de mişcare a sistemelor materiale în raport cu care erau exprimate caracteristicile lor spaţiale şi temporale. De exemplu, dacă se constata că în raport cu un sistem material evenimentul A_1 are loc la distanţa r de evenimentul A_2, ţinînd seama totodată că

$$r = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2},$$

unde x_1, y_1, z_1 şi x_2, y_2, z_2, sînt respectiv coordonatele evenimentelor A_1 şi A_2, atunci în orice alt sistem material care se mişcă rectiliniu şi uniform în raport cu primul, vom avea între A_1 şi A_2 aceeaşi distanţă. Tot astfel, se admitea că dacă în raport cu un anumit sistem material evenimentul A_1 este separat de evenimentul A_2 prin intervalul de timp $t_1 - t_2$ (t_1 şi t_2 sînt respectiv momentele la care se produc evenimentele A_1 şi A_2) atunci acest interval de timp rămîne exact acelaşi în orice alt sistem material aflat în stare de mişcare rectilinie şi uniformă în raport cu primul. Aşadar, dacă fenomenul A_1 a precedat fenomenul A_2, această relaţie de precedenţă se conservă, cu totul independent de sistemul din mulţimea de sisteme materiale care se mişcă rectiliniu şi uniform unul faţă de altul, în raport cu care am exprimat coordonarea în timp a fenomenelor. Precedenţa rămîne invariabilă şi independent de faptul dacă fenomenele noastre A_1

Scanned with OKEN Scanner

și A_2 se află sau nu într-o legătură cauzală unul cu celălalt. Precedența este absolută și independentă de existența unei conexiuni cauzale. Existența unei legături cauzale între fenomene nu le distinge, pe acestea, prin tipul coordonării temporale, față de toată mulțimea infinită a celorlalte fenomene aflate într-o relație de precedență.

Altfel este considerată această problemă în teoria relativității. Deoarece s-a constatat că mărimile segmentelor spațiale și ale intervalelor de timp sînt relative, adică dependente de mișcarea sistemelor materiale unul față de altul, coordonarea spațială și temporală a fenomenelor a încetat, în cazul general, să mai fie absolută. Fenomenul A_1 care precede fenomenul A_2 într-un anumit sistem de referință, nu trebuie să-l preceadă neapărat în orice alt sistem. Se poate întîmpla ca într-un anumit sistem fenomenul A_1 să fie simultan cu A_2 sau chiar ulterior. Dar o astfel de inversare sau răsturnare a succesiunii evenimentelor în timp nu are loc întotdeauna. Ea nu se poate produce nicidecum în cazul unor fenomene aflate într-o relație cauzală. Fenomenul A_2, în calitate de efect al fenomenului A_1, de care este separat și care se află într-un alt punct al spațiului, se produce în mod *absolut mai tîrziu* decît fenomenul A_1. La rîndul său, fenomenul A_1 are loc *absolut mai devreme* decît A_2. Această coordonare în timp a fenomenelor legate cauzal între ele rămîne invariantă (neschimbată) în toate sistemele de referință inerțiale. Nici un fel de transformări de coordonate, nici o trecere de la un sistem de referință inerțial la altul nu poate schimba faptul că un fenomen, care este cauza altuia, se produce absolut înaintea efectului generat de el. Așadar, prezența conexiunii cauzale între fenomene, le deosebește pe aceste fenomene de infinitatea celorlalte fenomene, prin tipul coordonării lor temporale. Fenomenele legate cauzal se află în relația „absolut anterior — absolut posterior", care nu se schimbă în nici unul dintre sistemele de referință admisibile. Este adevărat însă că, în aceeași relație se pot afla și alte fenomene, între care nu există conexiune cauzală. Așadar, caracterul absolut al precedenței cauzei față de efect nu este o particularitate inerentă exclusiv conexiunii cauzale. Dar ea este obligatorie, necesară pentru conexiunea cauzală. Coordonarea spațio-temporală a fenomenelor în teoria relativității se caracterizează cu ajutorul așa-numitului interval „S", o mărime fizică specifică, exprimată prin coordonatele

Scanned with OKEN Scanner

spaţiale ale locurilor unde se produc respectivele fenomene şi prin momentele de timp cînd ele au loc:

$$S^2 = c^2 (t_1 - t_2)^2 - (x_1 - x_2)^2 - (y_1 - y_2)^2 - (z_1 - z_2)^2,$$

unde x_1, y_1, z_1 şi x_2, y_2, z_2, sînt coordonatele celor două fenomene considerate, t_1 şi t_2 momentele la care au loc, iar c este viteza luminii.

Dacă fenomenele se află în relaţia „absolut anterior — absolut posterior", intervalul capătă trăsături care îl deosebesc esenţial de intervalul fenomenelor care nu se află într-o astfel de relaţie. El se numeşte interval de tip temporal. Fenomenele legate cauzal pot fi caracterizate numai prin intervale de tip temporal. Acestea prezintă proprietatea că:

$$c^2 (t_1 - t_2)^2 - (x_1 - x_2)^2 - (y_1 - y_2)^2 - (z_1 - z_2)^2 > 0.$$

Intervalele aparţinînd celeilalte clase se numesc intervale de tip spaţial. În acest caz,

$$c^2 (t_1 - t_2)^2 - (x_1 - x_2)^2 - (y_1 - y_2)^2 - (z_1 - z_2)^2 < 0.$$

În ceea ce priveşte fenomenele legate prin intervale de tip spaţial, nu are rost să spunem care dintre ele s-a produs înainte sau mai tîrziu, dacă nu indicăm un sistem de referinţă determinat, dat fiind că pentru ele relaţia „anterior — posterior" nu se conservă în transformările care exprimă trecerea de la un sistem inerţial la altul.

Aşadar, conexiunea cauzală a fenomenelor este de aşa natură încît niciodată, la nici un fel de transformări ale coordonatelor spaţiale şi temporale, la nici o trecere de la un sistem inerţial la altul, ordinea în care se succed în timp cauzele şi efectele nu se schimbă. Invariabilitatea acestei ordini este exprimată prin legea $S^2 > 0$. În aceasta constă ireversibilitatea conexiunii cauzale.

Analiza particularităţilor intervalelor de tip temporal ($S^2 > 0$), proprii tuturor evenimentelor legate cauzal, ne conduce şi la o altă concluzie extrem de importantă. Întotdeauna sistemul de referinţă poate fi astfel ales, încît fenomenele care au loc în alte sisteme de referinţă, separate spaţial, să aibă aceleaşi coordonate spaţiale, adică să coincidă spaţial sau, cu alte cuvinte, să se producă în acelaşi loc[30]. Într-un astfel

[30] Vezi, de exemplu: L. Landau şi E. Lifşiţ, *Teoria polia*, Goste-hizdat, M.—L., 1948, § 2, precum şi V. A. Fok, *Teoria spaţiului, timpului şi gravitaţiei*, Academia R.P.R. — Institutul de studii romîno-sovietic, 1962, § 12.

de sistem de referinţă, cauza şi efectul se află în acelaşi punct al spaţiului. Dar în virtutea invarianţei intervalului, relaţia lor în timp rămîne neschimbată: cauza se produce absolut înaintea efectului.

Echivalenţa absolută a tuturor sistemelor de referinţă iniţiale, inclusiv cel în care cauza şi efectul se situează în acelaşi punct, adică există în acelaşi loc al spaţiului, ne sugerează concluzia că precedenţa cauzei faţă de efect trebuie considerată ca o trăsătură generală a cauzalităţii, care îi este inerentă, independent de faptul dacă efectul ni se prezintă ca fiind separat spaţial de cauză, sau ca producîndu-se în aceeaşi regiune a spaţiului. Aceasta este dovedit într-un mod deosebit de clar prin faptul că în cazul cauzei şi efectului care coincid spaţial, putem alege în mod corespunzător un sistem de referinţă astfel încît ele să devină separate spaţial. În acest caz, faptul precedenţei cauzei faţă de efect va reieşi evident. Trebuie subliniat că proprietatea de precedenţă absolută este tranzitivă. Aceasta înseamnă că dacă fenomenul A_1 s-a produs absolut anterior fenomenului A_2, iar fenomenul A_2, la rîndul său este absolut anterior fenomenului A_3, atunci A_1, va fi absolut anterior şi în raport cu A_3. Aşadar, este ireversibilă nu numai ordinea în care se succed verigile vecine ale lanţurilor cauzative, ci şi ordinea unor perechi de evenimente arbitrare, care se situează la distanţe mari într-un lanţ cauzativ dat. Aceasta înseamnă că întregul lanţ de cauzaţie se desfăşoară într-o ordine temporală pe deplin determinată. El nu „se încîlceşte", adică nu revine nicăieri la acelaşi moment.

9. Dependenţa de condiţii a acţiunii cauzei

Am arătat înainte, într-o formă generală (vezi § 1) că nu avem voie să considerăm cauza şi efectul ca pe doi parteneri care se cunosc numai unul pe celălalt şi care sînt izolaţi de tot restul lumii, la fel cu Robinson Crusoe şi cu Vineri de pe insula nelocuită unde erau separaţi de toţi ceilalţi oameni. Pînă acum însă, cercetînd legăturile dintre cauze şi efecte, ne-am concentrat întreaga atenţie numai asupra relaţiilor dintre ele, omiţînd aproape total ceea ce se situa în afara lor. Se poate proceda astfel, numai făcînd presupunerea că generarea cauzei are loc în aceleaşi condiţii, în toate cazurile care aparţin unui tip anumit, ceea ce se întîmplă efectiv foarte frecvent. Aceasta ne-a permis să punem în evidenţă

Scanned with OKEN Scanner

o serie de trăsături foarte importante ale conexiunii cauzale. Acum putem merge mai departe, spre a studia cazul mai general, cînd condiţiile în care se desfăşoară acţiunea cauzei sînt variabile. În acest caz, toate cele arătate mai sus în legătură cu proprietăţile conexiunii cauzale îşi păstrează valabilitatea, dar vom ajunge la unele concluzii noi, care aprofundează ideea de cauzalitate.

Cînd împrejurările, circumstanţele în care se produce efectul rămîn identice, se poate forma impresia că toate trăsăturile efectului sînt determinate exhaustiv de cauza ca atare. S-ar putea crede că este suficient să numim doar cauza, pentru ca în faţa privirii noastre să se înfăţişeze un efect pe deplin determinat, care va fi totdeauna şi pretutindeni identic, adică aşa cum îl cunoaştem, pe baza unui anumit caz concret. În realitate însă, lucrurile nu se prezintă atît de simplu. Cum va fi efectul, adică în ce fel va acţiona cauza, este un fapt ce depinde nu numai de natura cauzei, ci şi de caracterul condiţiilor în care se desfăşoară acţiunea acestei cauze.

Să luăm, de exemplu, presiunea exercitată asupra unui gaz. Dacă această presiune creşte treptat, atunci, după cum se ştie din experienţă, ea va determina o transformare a gazului în lichid, în momentul cînd va atinge o anumită valoare. Aceasta însă nu se întîmplă întotdeauna. Nu în orice condiţii creşterea presiunii conduce la lichefierea gazului. Cînd gazul se află în condiţii în care temperatura sa depăşeşte o anumită valoare, denumită temperatura critică sau punct critic, nici o creştere a presiunii nu este capabilă să cauzeze trecerea lui în stare lichidă. Aşadar, factorul capabil în anumite condiţii să determine un efect anumit, în alte condiţii îşi pierde capacitatea de a determina acest efect.

În esenţă, avem aceeaşi situaţie, de exemplu, şi în aşa-numitul efect Vavilov — Cerenkov. Să luăm un electron care se mişcă uniform şi rectiliniu cu viteza de 200 000 km/s (astfel de electroni se pot obţine, de exemplu, prin ciocnirea cu atomii a cuantelor γ ale radiului sau ale izotopului de thoriu — ThC). Să zicem că această mişcare se produce într-o bucată de mică. Atunci, după cum arată experimentul şi teoria, electronul va genera un cîmp electromagnetic dinamic, care se desprinde de el şi se propagă sub forma unui anumit flux de radiaţie (denumită radiaţia sau efectul Vavilov — Cerenkov). Să modificăm condiţiile acestei mişcări şi să-i lăsăm electronului posibilitatea de a se mişca cu aceeaşi viteză, tot rectiliniu şi uniform, însă în apă. Acum, electronul nu va mai genera un astfel de cîmp. Legile electrodinamicii

Scanned with OKEN Scanner

ne arată că, în acest caz, el excită un cîmp static, inseparabil legat de el. Prin urmare, aceeaşi cauză, în alte condiţii, dă naştere unui alt efect. Dacă însă viteza electronului va depăşi valoarea de 225 000 km/s, atunci el va începe din nou, în aceste condiţii, să genereze un cîmp electromagnetic dinamic, pe care-l va emite în spaţiul înconjurător. Să situăm însă electronul în „vid", adică într-un mediu material în care nu există particule de substanţe (molecule, atomi, protoni etc.). În aceste condiţii, oricum ar varia viteza lui (care însă nu poate depăşi 300 000 km/s), electronul care se mişcă uniform şi rectiliniu nu va genera niciodată un cîmp dinamic, nu va putea să emită o radiaţie electromagnetică[31].

Următorul exemplu ne va arăta că relaţia intimă dintre cauză şi efect poate fi şi mai complicată decît în cazurile analizate pînă acum. Se ştie că un corp încălzit se dilată. Însă departe de a produce întotdeauna o dilatare, încălzirea devine, în anumite condiţii, cauza fenomenului diametral opus: contracţia. Astfel, încălzirea apei, în condiţii cînd temperatura ei este cuprinsă în intervalul de la 0 pînă la + 4°C, determină o micşorare, şi nu o mărire a volumului ei. Am indicat aici cazuri extreme, cînd o dată cu schimbarea condiţiilor, cauza fie că încetează complet să mai producă un anumit efect, fie că, în alte condiţii, ea dă naştere unui efect diametral opus. Am putea cita multe exemple care atestă că sînt cazuri cînd dependenţa de condiţii a acţiunii cauzei este, într-un anumit sens, intermediară în aceste cazuri, cînd o dată cu variaţia condiţiilor, efectul acţiunii cauzei, care rămîne acelaşi ca natură, variază cantitativ, crescînd sau descrescînd.

De aici rezultă concluzia deosebit de importantă că în cauza luată izolat, în sine, efectul nu este determinat dinainte, indiferent de condiţiile în care se va desfăşura acţiunea cauzei. Pentru a genera un efect anumit, cauza are nevoie de condiţii pe deplin determinate. Prezenţa unora dintre condiţii este absolut indispensabilă pentru ca să înceapă acţiunea cauzei. Unele condiţii întăresc într-o măsură considerabilă efectul ei, altele însă îl slăbesc sau opresc cu totul acţiunea cauzei. Aşadar, apariţia unor condiţii sau eliminarea altora este însoţită de apariţia sau de dispariţia unor fenomene

---

[31] Efectul Vavilov — Cerenkov are loc numai în medii substanţiale, cu condiţia ca viteza electronului *să întrecă* viteza de propagare a luminii *în acest* mediu. Viteza luminii în mică este de aproximativ 190 000 km/s, pe cînd în apă viteza luminii este de aproximativ 225 000 km/s. În fizica actuală, valoarea vitezei luminii în vid este considerată ca irealizabilă pentru o particulă materială în mişcare (cu masa de repaus finită).

Scanned with OKEN Scanner

determinate. De aici nu rezultă însă că întotdeauna condiţiile ar juca acelaşi rol ca şi cauzele sau că acestea din urmă (cauzele) nu ar fi mai mult decît anumite condiţii deosebit de importante în circumstanţe date. Or, adesea condiţiile în care acţionează cauza sînt confundate cu aceasta. Astfel, putem auzi, de exemplu, afirmaţia că acţionarea butonului comutatorului este cauza care face să se aprindă becul electric. În realitate, acţionarea butonului comutatorului înseamnă crearea unei condiţii necesare pentru ca becul să se aprindă. Cauza iluminaţiei (înroşirea puternică a filamentului) este trecerea curentului electric prin acesta. Curentul nu circulă cînd comutatorul este închis, din care cauză circuitul electric, în care becul este un element, nu este stabilit. Curentul începe să circule atunci cînd se stabileşte circuitul. Cercetarea naturii fizice a fenomenului de care ne ocupăm aici şi a mecanismului său intern ne arată că filamentul becului se încălzeşte şi ajunge la incandescenţă, datorită faptului că fluxul de electroni care trec prin el ciocnindu-se de atomii reţelei cristaline a metalului filamentului, fac ca atomii reţelei să intre într-o mişcare oscilatorie intensă. Aceasta îşi găseşte expresia într-o creştere corespunzătoare a temperaturii filamentului şi conduce la o intensitate corespunzătoare a curentului, la aprinderea acestuia. Că acţionarea butonului comutatorului nu este cauza aprinderii becului electric reiese evident din faptul elementar că energia consumată la arderea becului nu este determinată de energia cheltuită de noi atunci cînd apăsăm butonul comutatorului, ci de energia centralei electrice care furnizează curentul. De asemenea, este cît se poate de clar că acţionarea comutatorului nu poate fi considerată ca fiind cauza curentului electric.

În majoritatea cazurilor, separarea influenţei condiţiilor de acţiunea propriu-zisă a cauzei şi deci despărţirea cauzei de condiţii nu se prezintă atît de simplu ca în exemplul de mai sus, ci se realizează adesea cu preţul unei munci considerabile, în urma unei cercetări profunde şi minuţioase. Esenţialul în rezolvarea acestei probleme constă în dezvăluirea naturii intime, a esenţei latente, a mecanismului fenomenului considerat, precum şi a naturii cauzei care îi dă naştere. Dacă nu trecem la analiza esenţei interne a fenomenului, putem confunda cauza şi condiţiile, ceea ce va avea drept consecinţă erori teoretice şi practice grave.

Influenţa esenţială a condiţiilor asupra acţiunii cauzei, dacă această influenţă rămîne nedezvăluită şi neseparată de acţiunea

Scanned with OKEN Scanner

cauzei, poate servi drept motiv pentru renunţarea la principiul cauzalităţii. În adevăr, să ne imaginăm că la studiul dilatării termice a corpurilor se fixează numai mărimea dilatării, determinată de o încălzire cu 1°C şi nu se ţine seama în ce condiţii de temperatură se fac observaţiile. Dacă abordăm astfel chestiunea, constatăm curînd că apa se comportă în modul cel mai bizar: în unele cazuri, ea se dilată la încălzire, iar în altele se contractă, deşi încălzirea a fost totdeauna aceeaşi, adică cu 1°C. S-ar părea că apa se comportă „liber" după „bunul ei plac", schimbîndu-şi comportarea fără a se supune legii cauzalităţii. Dacă nu ar fi atît de uşor să controlăm deosebirea de condiţii în acest caz, atunci cei înclinaţi să sacrifice fără prea multă rezistenţă ideile fundamentale ale ştiinţei şi ale filozofiei, s-ar folosi de această comportare a apei ca dovadă în favoarea indeterminismului: cauzele sînt aceleaşi, iar efectele diferă. Prin urmare, efectele nu sînt determinate în mod necesar de cauză! Aşa ar suna silogismul indeterminiştilor. Credem că baza gnoseologică pentru proclamarea indeterminismului în microprocese este un fapt analog; ea pleacă de la nepriceperea de a pune în evidenţă deosebirea dintre condiţiile în care acţionează cauza şi care orientează desfăşurarea microproceselor, nepricepere care, la rîndul ei, este determinată de nivelul istoric tranzitoriu al cunoştinţelor teoretice şi al perfecţiunii atinse în metodele experimentale.

Toate felurile de conexiune cauzală a fenomenelor pot fi împărţite în două grupuri mari: conexiuni cauzale în care apar *obiecte noi*, adică obiecte ce nu existaseră înainte ca respectiva cauză să-şi fi început acţiunea, şi conexiuni cauzale în care nu apar obiecte, ci se produce o *schimbare de stare şi proprietăţi* ale unor obiecte deja existente, schimbare ce se desfăşoară sub forma acţiunii unor obiecte asupra altora. Din primul tip de conexiuni cauzale fac parte, de exemplu, generarea unui electron şi a unui pozitron din doi fotoni cu energie suficient de mare, care interacţionează, emisia de electroni, care nu există în nucleele atomice, în cazul dezintegrării β etc. Din al doilea tip de conexiuni cauzale fac parte, de exemplu, împrăştierea particulelor „elementare" în cazul ciocnirii lor, cînd obiectele intrate în relaţie rămîn aceleaşi, dar starea lor fizică se schimbă. Astfel este, între altele, efectul Compton, în care un foton este împrăştiat de un electron, schimbîndu-şi energia, cantitatea de mişcare şi direcţia şi punînd în mişcare electronul. Tot aici putem clasifica procese ca magnetizarea corpurilor sub acţiunea cîmpu-

Scanned with OKEN Scanner

lui magnetic, variaţia stării unui ţesut nervos sub acţiunea unui stimul etc.

În conexiunile cauzale de-al doilea tip, influenţa condiţiilor asupra acţiunii cauzelor capătă particularităţi de o importanţă teoretică principială. Acţiunea cauzei se dovedeşte dependentă de condiţiile interne, de starea internă şi de natura intimă a obiectului asupra căruia acţionează respectiva cauză. Astfel, ciocnirea mecanică a unui corp în mişcare determină efecte cu totul deosebite, în funcţie de obiectul cu care s-a ciocnit. Îndreptat spre o bucată de piatră, corpul în mişcare determină deplasarea ei, respectiv o mişcare mecanică şi termică. Îndreptat spre o substanţă explozivă, el declanşează o reacţie chimică mai mult sau mai puţin violentă. Dacă el acţionează asupra unui ţesut viu, efectul va fi o reacţie fiziologică. Dacă acţiunii cauzei îi sînt supuşi receptorii unui animal superior sau ai omului, efectul va fi un proces psihic. Aşadar, rezultatul acţiunii cauzei depinde esenţial de *natura* intimă a obiectelor asupra cărora este orientată respectiva cauză. Acest rezultat se poate manifesta în forme calitativ diferite.

Însă rezultatul acţiunii cauzei nu depinde numai de natura obiectelor supuse acestei acţiuni, ci şi de starea internă a acestora, în cazul cînd obiectele au aceeaşi natură. Să luăm ca ilustrare acţiunea unui cîmp magnetic asupra unei bucăţi de fier. Dacă înainte aceasta nu a fost supusă unui cîmp magnetic, fiind supusă, se va magnetiza. Cu cît va creşte intensitatea cîmpului magnetic, cu atît magnetizarea va fi mai puternică. Treptat, creşterea magnetizării o dată cu creşterea intensităţii cîmpului magnetizant nu va mai fi însă atît de mare, încît o aceeaşi creştere a intensităţii va determina o creştere din ce în ce mai mică a magnetizării, şi, pînă la urmă, creşterea în continuare a intensităţii cîmpului va înceta să mai producă variaţii ale magnetizării bucăţii de fier. Intervine starea de „saturaţie magnetică". Într-o bucată de fier aflată în această stare, cîmpul magnetic nu va mai provoca efectul obişnuit (o variaţie a magnetizării). Procesul este reprezentat schematic în fig. 4 unde curba OA reprezintă dependenţa magnetizării J de cîmpul magnetic exterior H.

Esenţa acestui proces constă în următoarele. În orice bucată de fier există mici domenii, delimitate unele de altele, care posedă o anumită magnetizare, un anumit moment magnetic. În lipsa cîmpului magnetic exterior, toate domeniile respective din bucata de fier se dispun în interiorul ei dezordonat,

Scanned with OKEN Scanner

astfel încît acţiunile lor magnetice se anulează complet unele pe altele, deci bucata de fier este nemagnetizată. Acţiunea cîmpului magnetic exterior modifică structura interioară a domeniilor bucăţii de fier, domeniile variază ca volum, se

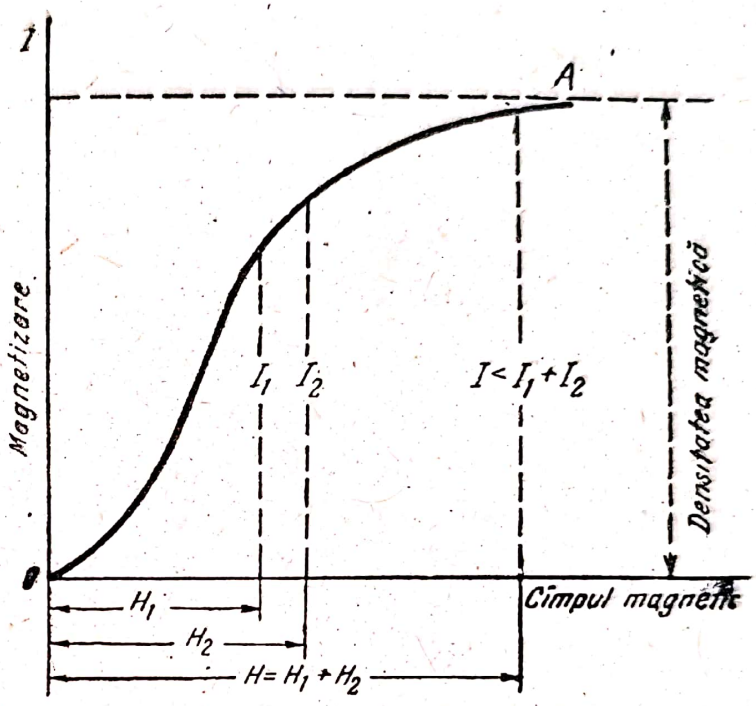


Figura 4

deplasează şi se orientează. Ca rezultat, momentele magnetice ale domeniilor încetează să-şi anuleze reciproc acţiunea şi apare o magnetizare anumită a întregii bucăţi. Dacă intensitatea cîmpului magnetic exterior continuă să crească, structura pe domenii se transformă mai departe. Domeniile se dispun astfel, încît să se orienteze tot mai mult după direcţia cîmpului, iar concomitent creşte magnetizarea bucăţii de fier. La o anumită valoare a cîmpului magnetic, structura internă pe domenii este complet ordonată, toate domeniile sînt orientate la fel, după direcţia cîmpului. Magnetizarea bucăţii de fier încetează să mai crească. A survenit starea de saturaţie. Ne ocupăm atît de amănunţit de acest exemplu, pentru că aici se vede foarte clar dependenţa acţiunii cauzei de condiţiile interioare, de starea interioară a obiectelor spre care este orientată cauza. Starea internă a obiectului variază, iar o dată cu ea se schimbă şi procesul acţiunii cauzei. Acelaşi exemplu ne arată totodată o particularitate deosebit de importantă a conexiunii cauzale, o proprietate care prezintă o valabilitate universală. Lucrurile nu se reduc numai la dependenţa de condiţii a acţiunii cauzei, ci şi la aceea că înseşi cauzele creează, formează condiţiile pentru a acţiona,

modificînd structura, starea obiectelor. În aceasta constă profunda interdependenţă dialectică a cauzelor şi condiţiilor interne. Tocmai datorită acestei interdependenţe există legea atît de importantă conform căreia acţiunea cauzei depinde de „istoria" obiectului asupra căruia acţionează, adică de influenţele cauzale cărora le-a fost supus acesta înaintea cauzei actuale.

Acest tip de dependenţă a acţiunii cauzei de condiţiile (de stările) interne ale obiectelor nu este de loc ceva excepţional, ceva ce se întîmplă rar şi are loc, să zicem, numai în domeniul fizicii. Dimpotrivă, el este foarte larg răspîndit. Astfel, în domeniul fiziologiei activităţii nervoase superioare este cunoscut fenomenul de parabioză, descris şi studiat pentru prima dată de N. E. Vvedenski. Acest fenomen constă în următoarele: sub influenţa unor stimuli foarte puternici, ţesutul nervos încetează de a mai conduce excitaţiile care apar sub acţiunea stimulilor exteriori. Cît timp ţesutul nervos nu a atins starea de parabioză, influenţele exterioare generează în el excitaţii care se propagă ritmic. O dată cu creşterea intensităţii influenţei dinafară, conductibilitatea ţesutului nervos scade, astfel că o mărire ulterioară a intensităţii stimulului este însoţită de diminuarea excitaţiei propagate. În sfîrşit, cînd creşte intensitatea stimulului pînă la o anumită valoare, ţesutul nervos ajunge într-o stare în care stimulul nu mai generează o excitaţie care să se propage ritmic, ci o excitaţie aritmică, staţionară. Se produce aici un fel de „saturaţie fiziologică" a ţesutului nervos. Într-un ţesut nervos ajuns în starea de parabioză, stimulii nu mai determină efectul obişnuit, adică o excitaţie cu propagare ritmică. Şi în acest caz, la fel ca în exemplul de mai sus, acţiunea cauzei a variat o dată cu variaţia condiţiilor interne, dar acestea, la rîndul lor, apar şi se structurează în conformitate cu acţiunea cauzei.

Aşadar, rezultatele acţiunii cauzelor depind atît de natura obiectelor asupra cărora sînt îndreptate aceste cauze, cît şi de starea interioară a obiectelor. Prin urmare, cauzele exterioare acţionează prin condiţiile interne care, la rîndul lor, se formează sub acţiunea acestor cauze exterioare[32].

Dar oricît ar fi de esenţială răsfrîngerea acţiunii cauzei în condiţiile interne, nu trebuie să pierdem din vedere că aceste

---

[32] Această idee a fost subliniată de S. L. Rubinstein în lucrarea sa *Existenţă şi conştiinţă* (vezi traducerea romînească a cărţii, apărută în Editura Ştiinţifică, Bucureşti, 1962).

Scanned with OKEN Scanner

condiții rămîn doar condiții și nu pot fi interpretate în calitate de cauze sau componente ale cauzelor.

Din cele expuse pînă acum mai rezultă o concluzie importantă: conexiunea cauzală, așa cum se înfăptuiește în obiectele materiale reale, nu în cele ideale, nu are, în general, proprietatea de „suprapunere liniară", adică de simplă sumare aritmetică a efectelor cauzelor care acționează concomitent. Efectul comun al unor cauze care acționează împreună nu este egal cu suma efectelor cauzelor care acționează separat. Cu alte cuvinte, riguros vorbind, conexiunea cauzală nu se supune regulii de aditivitate, ca regulă cu valabilitate universală. Cu aplicare la exemplele tratate mai sus, aceasta înseamnă că mărimea magnetizării determinate de acțiunea cîmpului magnetic H nu este egală cu suma magnetizărilor (ci mai mică) determinate separat de cîmpurile H_1 și H_2 (acționînd fiecare în condiția absenței acțiunii celuilalt) și a căror sumă este egală cu acest cîmp: $H_1 + H_2 = H$.

Pentru a ne reprezenta aceasta intuitiv, vom recurge din nou la fig. 4. Să admitem că mărimii cîmpului magnetic H_1 îi corespunde o magnetizare I_1 a probei, iar cîmpului H_2 magnetizarea I_2. După cum reiese direct din figură, care exprimă datele experimentale, cîmpului H egal cu suma cîmpurilor H_1 și H_2 ($H = H_1 + H_2$) îi va corespunde magnetizarea I, mai mică decît suma magnetizărilor I_1 și I_2 ($I < I_1 + I_2$). Analog, excitația totală a unui țesut nervos, provocată de un stimul R, nu este egală cu suma excitațiilor generate de stimulii R_1 și R_2, care acționează separat și a căror sumă este egală cu acest stimul: $R_1 + R_2 = R$. Mai mult, după cum arată existența parabiozei, suma a doi stimuli, care provoacă fiecare cîte o excitație ritmică, poate nu numai să nu dea o amplificare a excitației în propagare, ci poate conduce chiar la o inhibare totală a excitației.

Așadar, conexiunea cauzală posedă integritate și unitate interioară, ea este nedecompozabilă în elemente sau părți care se însumează simplu.

Dar între anumite limite, cîteodată destul de largi, regula aditivității este totuși practic aplicabilă (cu aproximație) la evaluarea rezultatelor acțiunii comune a mai multor cauze. Astfel, ea poate fi socotită valabilă în cazul unor cîmpuri magnetizatoare relativ slabe, care aduc obiectele într-o stare de magnetizare îndepărtată de saturație (ceea ce corespunde porțiunii „liniare" a curbei de magnetizare) sau în cazul unor excitații relativ slabe ale țesutului nervos. Acolo unde conexiunea cauzală a fenomenelor poate fi explicată prin

ecuaţii matematice (diferenţiale), valabilitatea regulii de aditivitate a efectelor unor cauze cu acţiune simultană îşi găseşte expresia în faptul că respectivele ecuaţii sînt *liniare*. Fizica actuală, care înaintează tot mai profund în cercetarea structurii materiei, în studiul esenţei fenomenelor şi al conexiunilor lor cauzale, depăşeşte tot mai frecvent cadrul ecuaţiilor diferenţiale liniare. Ea foloseşte acum pe scară mare, pentru exprimarea relaţiilor cauzale, ecuaţii *neliniare*, în cazul cărora regula de aditivitate menţionată mai sus nu este respectată. Aceste ecuaţii sînt folosite deosebit de des în actuala electrodinamică cuantică. Rezolvarea problemei centrale a fizicii teoretice de astăzi, — crearea unei teorii a particulelor „elementare“ — este căutată astăzi pe linia luării în considerare a neliniarităţii conexiunilor cauzale.

Astfel este, de exemplu, noua teorie a particulelor „elementare“, propusă de W. Heisenberg şi care s-a bucurat de atenţia oamenilor de ştiinţă. Importanţa principială a neliniarităţii pentru teoria particulelor „elementare“ a fost de mult subliniată de către D. D. Ivanenko. Într-o lucrare scrisă împreună cu A. A. Sokolov, se arată în mod justificat: „Deoarece, în cursul ciocnirilor, toate particulele pot, într-un fel sau altul să genereze, virtual, perechi de alte particule diferite, care după o anihilare virtuală pot să se transforme din nou în perechi de particule de tipul iniţial, se impune de aci concluzia *neliniarităţii universale* a ecuaţiilor tuturor particulelor, inclusiv a neliniarităţii ecuaţiilor de cîmp ale electronului, pozitronului, nucleonilor“[33].

Este caracteristic faptul că pînă şi capitolele fizicii teoretice care erau considerate pînă foarte recent ca relativ încheiate (mecanica cuantică obişnuită) sînt supuse acum unei reconsiderări serioase cu scopul de a lua în considerare neliniaritatea relaţiilor. Astfel sînt, în particular, încercările lui L. de Broglie, Vigier şi Bohm în elaborarea noii interpretări a mecanicii cuantice. De asemenea, cele mai înaintate ramuri ale tehnicii moderne — automatica, telemecanica, precum şi cibernetica — depăşesc considerabil cazul reprezentărilor care se întemeiau pe ideile relaţiilor liniare. Particularitatea lor principală constă tocmai în faptul că se trece la reprezentarea unor relaţii neliniare între fenomene. În biologia teoretică şi experimentală, în fiziologie ocupă un loc tot mai important legile de tip neliniar, descoperite pe măsura aplicării

[33] D. D. Ivanenko, A. A. Sokolov, *Klassiceskaia teoriia polia*. Gostehizdat, M.—L., 1949, p. 206 (sublinierea noastră — *I.V.K.*).

metodelor de cercetare pe care le oferă fizica modernă. În toate acestea, trebuie să vedem o confirmare a celor arătate mai sus: conexiunile cauzale sînt, în esenţă, neliniare, neaditive, ele putînd fi considerate liniare şi aditive numai în primă aproximaţie.

Legi ca cele pe care le observăm la magnetizarea feromagneticelor (fierul şi alte metale), sau la parabioză, precum şi la multe alte fenomene asemănătoare ne arată că într-o sferă largă de procese există un fenomen specific, care ar putea fi denumit „saturaţie a acţiunii cauzale“ sau „saturaţie a conexiunii cauzale“. Prin aceasta vrem să exprimăm faptul, menţionat mai sus şi legat de neliniaritatea relaţiilor, că atunci cînd creşte cauza, efectul creşte din ce în ce mai încet, pînă cînd încetează, în cele din urmă, să mai varieze, deşi cauza continuă să crească. Firește, nu putem afirma acum categoric faptul că fenomenul de „saturaţie a acţiunii cauzale“ are un caracter absolut universal, dar el se observă foarte frecvent şi nu putem în nici un caz să-l trecem cu vederea. Avem de fapt de-a face cu el chiar în cazul mişcării mecanice simple. După cum arată teoria relativităţii, creşterea masei unui corp în mişcare, o dată cu viteza, duce la situaţia în care, atunci cînd viteza lui se apropie de cea a luminii, forţa care creşte mereu îi comunică corpului o acceleraţie din ce în ce mai mică.

Există însă un număr considerabil de procese care decurg întrucîtva în avalanşă, într-un ritm şi cu o intensitate crescînde. Astfel sînt, de exemplu, străpungerea electrică şi termică a dielectricelor, aşa-numitele reacţii chimice şi nucleare în lanţ etc. Aici, procesele nu evoluează spre o anumită stare „de saturaţie“, ci, dimpotrivă, chiar devin procese care se dezvoltă spontan, care se autoaccelerează. La prima vedere, faptul existenţei unor astfel de fenomene este în contradicţie cu teza „saturaţiei acţiunii cauzale“ despre care am vorbit mai sus. Dar nu este aşa.

Pentru a ne convinge, să analizăm mai amănunţit evoluţia unuia dintre procesele menţionate. Să luăm, de exemplu, reacţia nucleară în lanţ, care este însoţită de degajarea unei uriaşe cantităţi de energie atomică. Ea are loc într-o bucată de substanţă, ale cărei nuclee atomice încep să fisioneze sub acţiunea neutronilor, în aşa fel încît, în medie, în fiecare act individual provocat de un neutron apare mai mult decît un neutron nou, capabil să determine, la rîndul său, un act de fisiune. (În afară de aceasta, mai este necesar ca dimensiunile bucăţii de substanţă să depăşească o anumită mărime

Scanned with OKEN Scanner

minimă, precum și ca ea să nu conțină amestecuri ai căror atomi absorb deosebit de intens neutronii, fără a suferi fisiuni.) Pentru mai multă evidență, vom presupune că, în urma fiecărui act de fisiune, apar cîte doi neutroni noi. După un timp, ei se vor ciocni cu doi atomi încă nefisionați, provocînd fisiunea lor și apariția a patru neutroni. Aceștia vor conduce apoi la apariția a opt neutroni, care, la rîndul lor, duc la apariția a 16 neutroni etc. Așadar, procesul decurge într-un ritm crescînd, fără nici un fel de acțiuni suplimentare din exterior.

După cum vedem însă, ele reprezintă rezultatul de ansamblu al acțiunii consecutive a unei mulțimi de cauze individuale, al căror număr crește într-una. Fiecare dintre aceste cauze, deși în ultimă instanță este legată genetic de cauza inițială (primul neutron care a declanșat procesul în cascadă), acționează însă cu totul independent. Are loc o creștere a numărului de cauze și, corespunzător, o mărire a numărului de efecte identice, ceea ce determină o acumulare a efectului total. Nu avem însă aici o creștere a efectului unei singure cauze, care acționează de la început. Cauzele nou apărute sînt despărțite de ea printr-un număr mai mare sau mai mic de verigi intermediare (efecte care devin cauze și cauze care dau naștere unor noi efecte), prin intervale de spațiu și de timp mai mari sau mai mici. Or, teza „saturației acțiunii cauzale“ se referă la relația dintre cauză și efect și efectul generat nemijlocit de această cauză. Dacă vom trece la examinarea fiecăruia dintre aceste acte elementare în parte, care formează împreună procesul în cascadă, atunci în fiecare dintre ele cauza (acțiunea cîte unui neutron) rămîne aceeași, după cum nu se schimbă nici efectul generat — fisiunea nucleului și apariția unor noi neutroni. Nu observăm aici nimic ce ar putea să contrazică teza „saturației acțiunii cauzale“ sau măcar să o pună la îndoială.

„Saturația acțiunii cauzale“ nu înseamnă nicidecum că, în cele din urmă, cauza ar rămîne fără efect. Încetează numai generarea în continuare a efectului respectiv, dar începe, în conformitate cu condițiile schimbate, apariția unui alt efect. Aceasta se poate constata și în exemplele analizate mai sus, de pildă în cazul fenomenului de parabioză. Dacă stimularea țesutului nervos depășește limita corespunzătoare sistării apariției excitației care se propagă și continuă să crească, atunci apare un fenomen cu totul nou: distrugerea țesutului nervos. Acesta va fi noul efect.

Scanned with OKEN Scanner

În literatura din domeniul cauzalității se afirmă adeseori, fără nici un fel de rezerve, că o dată cu cauza crește invariabil și efectul. Se consideră chiar că aceasta ar fi o trăsătură universală a cauzalității, care îi este proprie pretutindeni și totdeauna, fără nici un fel de excepții. Pentru confirmare este invocat M. V. Lomonosov, care scrisese la timpul său: „În general, totul este astfel alcătuit încît atunci cînd crește cauza, crește și efectul ei și, dimpotrivă, la micșorarea ei, se micșorează efectul". Din cele arătate mai sus, reiese că această idee despre acțiunea cauzei[34] este inexactă. Ea nu ține seama de influența condițiilor variabile. Teza creșterii obligatorii a efectului atunci cînd crește cauza este valabilă numai între anumite limite, ce e drept largi, dar nu este expresia unei proprietăți universale a cauzalității, care să fie inerentă în orice condiții, între orice limite. Într-un anumit stadiu al procesului, creșterea cantitativă a cauzei încetează de a mai provoca o creștere a aceluiași efect. Este generat un efect nou.

10. Acțiunea efectului asupra cauzei

Generînd efectul, cauza „se neagă pe ea însăși". Esența acestei autonegări a cauzei constă în aceea că, după cum am arătat la § 5, cauza pierde într-un fel sau altul materie și mișcare care se transmit de la ea — efectului, cu respectarea riguroasă a legilor de conservare a masei, energiei, impulsului, sarcinii și a altor mărimi asemănătoare. Dacă nu ar fi așa, generarea efectului s-ar produce din nimic, ceea ce contrazice categoric întreaga știință actuală. Așadar, negîndu-se pe sine în forma ei inițială, cauza, datorită legilor de conservare, se afirmă întrucîtva într-o altă formă, în efectul pe care-l generează. Inevitabilitatea transferului de materie și mișcare de la cauză la efect face ca însăși generarea efectului să *modifice* într-un anumit fel cauza. În esență, efectul este întotdeauna de așa natură încît apariția lui slăbește într-o anumită măsură cauza care i-a dat naștere. Foarte frecvent, acest fapt, anume că, generînd efectul, cauza se schimbă, este denumit „acțiunea efectului asupra cauzei". Avînd în vedere cele arătate mai sus, o astfel de acțiune a

---

[34] O întîlnim, de exemplu, în cartea: *Kategorii materialisticeskoi dialektiki*, Gospolitizdat, M., 1956, p. 98.

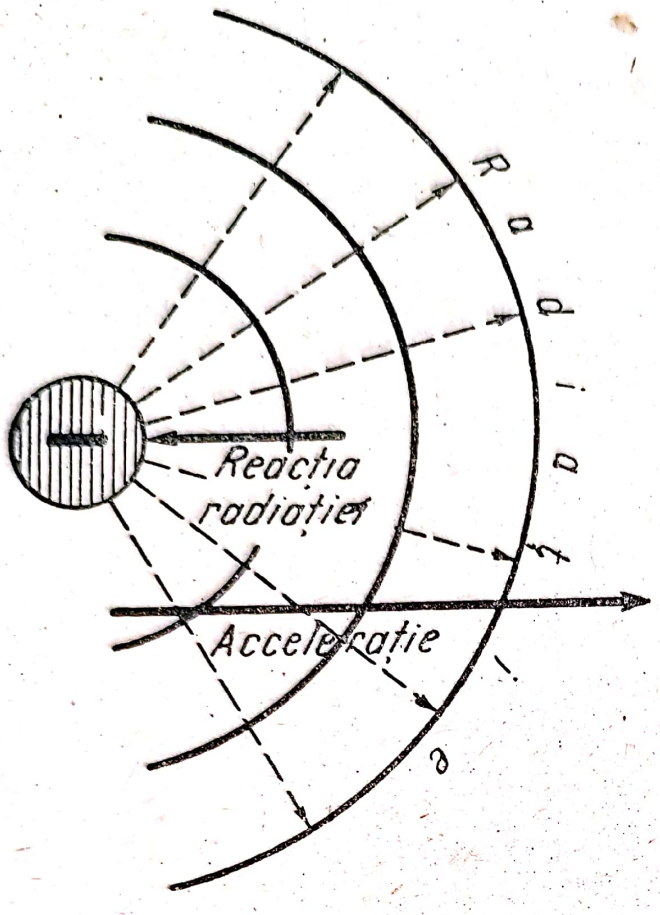


Figura 5

efectului asupra cauzei trebuie considerată drept o proprietate universală a legăturii cauzale. Unul dintre exemplele cele mai elementare pentru o astfel de acțiune a efectului asupra cauzei poate fi așa-numita „reacție de emisie", cu care avem de-a face în electrodinamică la cercetarea proceselor electromagnetice legate de mișcarea unor corpuri care posedă sarcină electrică. Este cunoscut că, de exemplu, un electron care se mișcă repede generează un cîmp electromagnetic specific, cu caracter ondulator (radiație). Dar crearea acestui cîmp necesită o anumită energie. Ea vine de la electronul care se mișcă accelerat și a cărui mișcare este frînată în acest fel. Această frînare este o manifestare a ceea ce se numește reacție de radiație (emisie), sau frînare prin radiație. Cauza este electronul care se mișcă accelerat. Cîmpul radiației este efectul generat de această cauză. Reacțiunea cîmpului de radiație este acțiunea efectului asupra cauzei. (Schema acestui proces este reprezentată în fig. 5.)

Fenomenul de inducție proprie a curentului electric prezintă și el o situație asemănătoare. Cînd se închide circuitul electric, avînd ca unul dintre elemente o sursă de curent continuu, intensitatea curentului nu atinge dintr-o dată valoarea dată de legea lui Ohm pentru respectivul circuit, ci treptat. Expli-

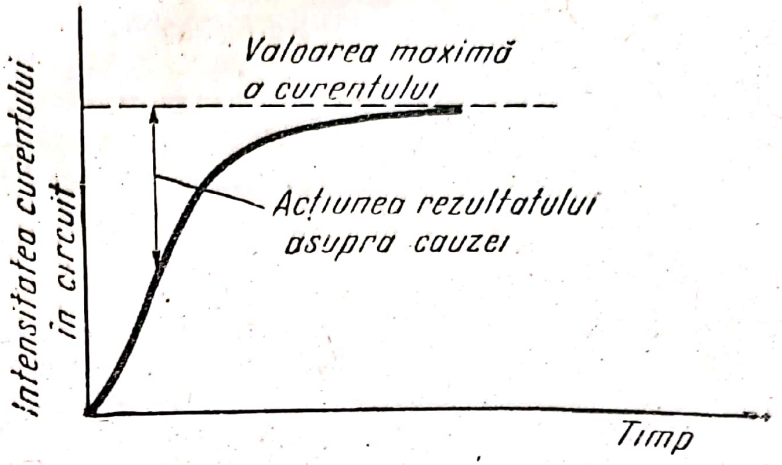


Figura 6

cația este următoarea: la stabilirea circuitului, forța electromotoare a sursei de curent, punînd în mișcare electronii din conductorii circuitului, le comunică o anumită accelerație. Electronii care se mișcă accelerat dau naștere cîmpului electromagnetic variabil corespunzător, de tipul menționat mai sus. Pentru crearea acestuia se consumă o cantitate mai mare sau mai mică din energia electronilor. Această pierdere de energie face ca, în primul interval de timp care urmează închiderii circuitului, curentul electric să nu-și atingă valoarea maximă posibilă în condițiile respective, determinată de forța electromotoare a sursei și de rezistența circuitului, în conformitate cu legea lui Ohm. Treptat însă, datorită ciocnirilor electronilor cu atomii conductorului, mișcarea electronilor se va apropia de o mișcare uniformă și cîmpul de radiație va începe să slăbească astfel încît să fie nevoie de tot mai puțină energie pentru întreținerea lui. În concordanță cu aceasta, intensitatea curentului va crește, apropiindu-se de valoarea constantă. Trecînd peste circumstanțele care dau naștere curentului electric apărut în circuit, avem dreptul să considerăm, în această ordine de idei, curentul drept cauză, iar cîmpul electromagnetic variabil pe care-l generează, drept efect. Abaterea mărimii curentului electric de la valoarea maximă posibilă este o acțiune a efectului asupra cauzei care-l generează (fig. 6).

În multe procese, acest rezultat al acțiunii efectului asupra cauzei nu se manifestă cu atîta pregnanță și claritate ca în cazurile menționate. Dar aceasta nu înseamnă că rezultatul dispare cu totul. El este numai estompat de particularitățile desfășurării acestor procese. Aceasta se va întîmpla în cazul cînd cauza este menținută constantă, într-un mod sau altul, datorită unor agenți externi care îi furnizează energie supli-

Scanned with OKEN Scanner

mentară. De exemplu, un electron care emite radiaţie poate să-şi continue mişcarea cu aceeaşi acceleraţie, în ciuda reacţiei de radiaţie, dacă i se va aplica în plus o anumită forţă a cărei acţiune va compensa energia pierdută. Aşadar, rezultatul acţiunii efectului asupra cauzei va fi eclipsat de acţiunea

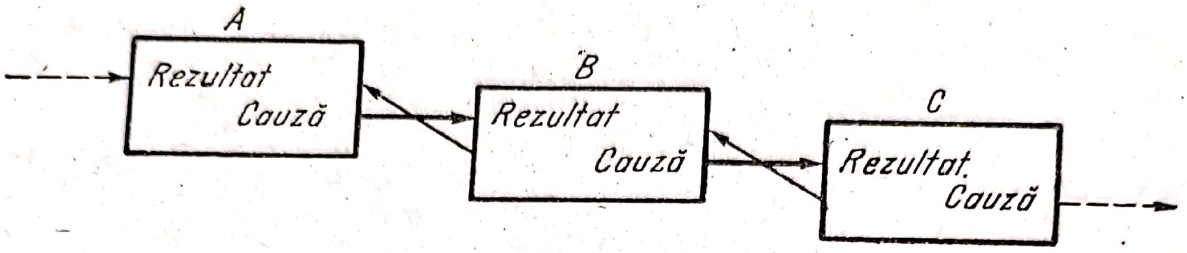


Figura 7

acestei cauze care întreţine constantă acceleraţia electronului. Fapte analoge pot avea loc în toate procesele staţionare unde pierderea de materie şi de mişcare a cauzei, care se consumă pentru generarea efectului, este compensată permanent de un aflux de materie şi de energie, pe care cauza îl capătă de la o sursă exterioară. Procesul transferului de materie şi de energie în lungul lanţurilor cauzative de acest tip are un caracter pronunţat de desfăşurare *într-un singur sens*. Astfel de lanţuri cauzative pot fi reprezentate schematic aşa cum se arată în fig. 7, unde este reprodusă o parte a unui lanţ cauzativ avînd ca verigi fenomenele *A*, *B*, *C*. Fiecare dintre aceste verigi are o esenţă dublă: ea este *efect* în raport cu veriga precedentă şi *cauză* în raport cu cea următoare. Săgeţile indică sensul în care se propagă acţiunea cauzei. Însă tipul de acţiune a efectelor asupra cauzei de care ne-am ocupat aici nu este singurul. Aici efectul acţionează asupra cauzei, dacă putem spune astfel, în mod „pasiv", prin simplul fapt al apariţiei sale. Avem, în acest caz, un flux de materie şi de mişcare numai de la cauză spre efect, fără a avea un flux în sens opus, de la efect la cauză. Or, în natură sînt foarte răspîndite şi lanţurile cauzative în care se produce un transfer de materie şi de mişcare nu numai de la cauză la efect, ci şi invers, de la efect la cauză. Este vorba despre aşa-numitele sisteme cu *retrocuplaj* sau cu *reacţie*. Caracterul lor general poate fi exprimat prin schema reprezentată în fig. 8. În astfel de sisteme, o parte a materiei şi a mişcării din efectul generat de cauză se îndreaptă înapoi spre cauză şi acest flux exercită o influenţă activă asupra cauzei, datorită căruia se schimbă apoi şi efectul generat. Aceasta acţiune din sisteme cu conexiune inversă nu are neapărat caracterul

unei acţiuni dinamice, directe, care se opune cauzei. De cele mai multe ori, ea se reduce la modificarea condiţiilor, a felului cum acţionează cauza, partea principală a energiei necesare acestei schimbări putînd fi extrasă dintr-un izvor

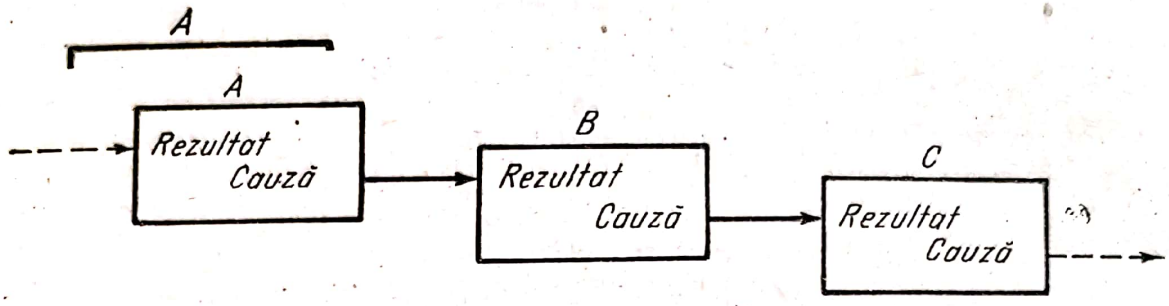
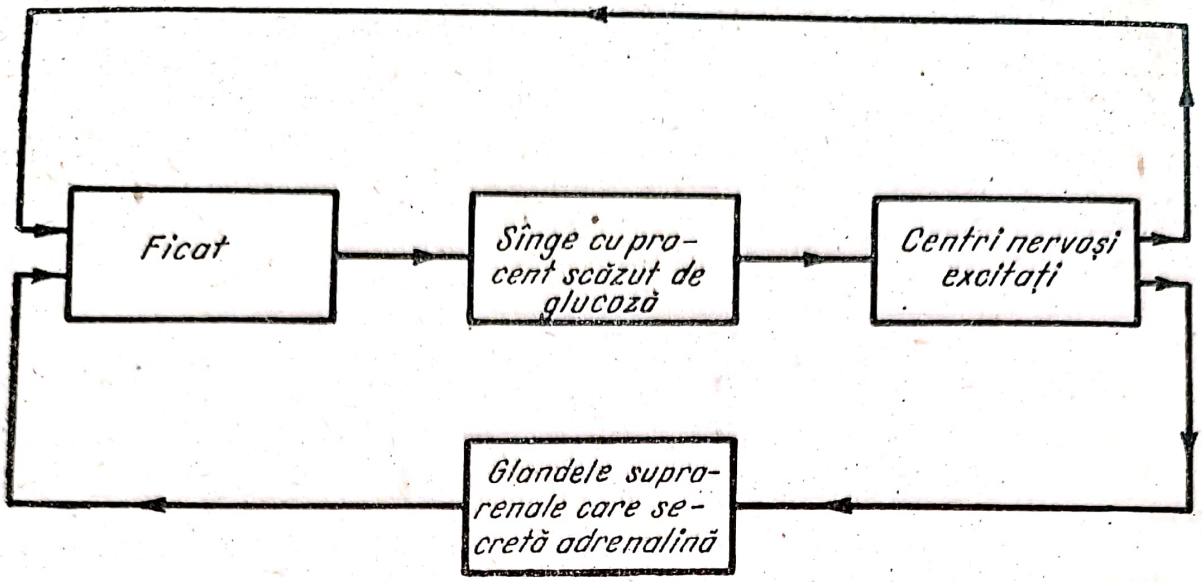


Figura 8

suplimentar care începe să funcţioneze tocmai datorită fluxului de materie şi de mişcare, care porneşte de la efect. În cazul reacţiei, acţiunea efectului asupra cauzei nu se transmite, în majoritatea cauzelor, prin aceleaşi canale în care s-a propagat acţiunea cauzei, ci prin alte canale legate de cele dintîi. O trăsătură distinctivă a sistemelor cu reacţie este că acţiunea efectului asupra cauzei nu este constantă, ci variază în funcţie de efect. Acest gen de relaţii dintre cauze şi efecte dă sistemelor materiale în care se realizează aceste relaţii trăsături principial noi. De exemplu, una dintre ele constă în aceea că efectul poate rămîne constant, deşi cauza sau condiţiile exterioare care modifică procesul activităţii cauzei variază.

În natura vie, sistemele cu reacţie sînt extrem de răspîndite. Se poate spune că, fără ele existenţa organismelor nici nu ar fi posibilă. Este binecunoscut că organismele vii pot exista normal numai cu condiţia de a menţine constante în corpul lor valorile mai multor mărimi fizice şi chimice, cum sînt temperatura, conţinutul de zahăr şi de săruri metalice din sînge, tensiunea sanguină etc. Constanţa acestor mărimi şi a altora asemănătoare este asigurată de prezenţa în organismele vii a unor lanţuri cauzative cu reacţie, în care efectul influenţează activ cauza datorită căreia a apărut. Unul dintre aceste lanţuri, prin intermediul căruia se înlătură insuficienţa de zahăr, glucoză, în sînge, este următorul: dacă glucoza elaborată de ficat scade în sînge, sub normă, micşorarea concentraţiei ei determină reacţia unui anumit grup de centri nervoşi din creier. Excitaţia nervoasă se transmite atît direct ficatului, cît şi glandelor suprarenale, care secretă adrenalină. La rîndul ei, adrenalina exercită o influenţă asupra ficatului,

Scanned with OKEN Scanner



Figura

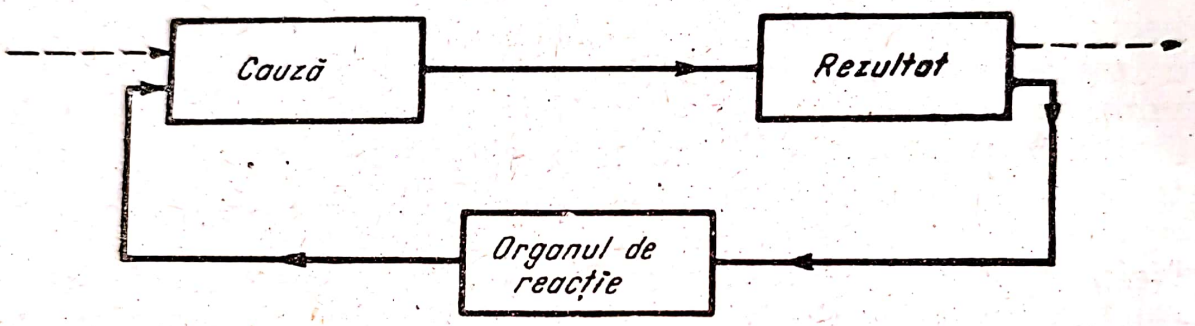


Figura 10

paralel cu excitația nervoasă transmisă nemijlocit acesteia. Astfel, începe în ficat o transformare a glicogenului în glucoză, glucoza vine în cantități mai mari în sînge, lichidînd deficitul anterior. În organism există și un sistem prin intermediul căruia se elimină excesul de zahăr din sînge. Unul din elementele esențiale ale acestui sistem este pancreasul, care secretă insulina. Fără a intra în detaliile funcționării acestui sistem, putem menționa că activitatea lui este bazată exact în același fel pe principiul retrocuplajului. În ambele cazuri este esențial, nu ce organe anume sînt elemente ale acestor sisteme, ci faptul că de la efectul generat de cauză pornește, în ambele cazuri, o acțiune care exercită o influență activă asupra cauzei. În fig. 9 este reprezentată schema mecanismului fiziologic care elimină insuficiența de zahăr din sînge. În fig. 10 este dată schema de principiu a unei porțiuni dintr-un lanț cauzativ în care există reacție. Această schemă exprimă esența funcționării ambelor mecanisme — atît a celui prin care se realizează lichidarea insuficienței de

Scanned with OKEN Scanner

zahăr, cît şi a celui prin care se lichidează excesul ei. După cum am văzut, în sistemul care lichidează hipoglicemia, conexiunea inversă nu se realizează printr-un singur canal, ci prin două. Ne putem imagina şi un număr mai mare de canale de acest fel. Firește însă că aceasta nu schimbă esenţa problemei.

Dar în organismul viu se reglementează cu ajutorul lanţurilor cauzative cu reacţie nu numai funcţiile relativ simple ale organelor interne despre care am vorbit mai sus, ci şi activitatea organelor de simţ (receptorii) şi sistemul de reflexe în toată varietatea lui. Numai datorită acestui fapt se creează concordanţa remarcabilă dintre funcţiile tuturor organelor fiinţei vii, fără de care viaţa este de neconceput. Sistemele cu reacţie în care efectul acţionează asupra cauzei se întîlnesc nu numai în natura vie. Ele sînt larg folosite în tehnica actuală şi tocmai aplicarea lor într-o măsură tot mai mare dezvăluie în faţa tehnicii perspective cu totul excepţionale. Întreaga automatică, întreaga tehnică cibernetică se întemeiază pe faptul acţionării efectelor asupra cauzelor care le-au generat.

Unul dintre dispozitivele tehnice cele mai simple în care se foloseşte acţiunea efectelor asupra cauzei este aşa-numitul regulator centrifug. Cu ajutorul lui se realizează viteza de rotaţie constantă a unui arbore motor. Elementul principal al regulatorului centrifug este un dispozitiv sensibil la variaţia turaţiei, capabil să-şi transmită reacţia unui dispozitiv care determină intensitatea debitării aburului la cilindrii unei maşini cu vapori. Aceasta se poate realiza, de exemplu, în modul următor (fig. 11): două bile grele *A* şi *B* sînt fixate de o bară verticală (axul regulatorului) *C*, în aşa fel, încît ele să se poată roti uşor împreună cu acest ax, apropiindu-se sau îndepărtîndu-se de el. Aceste deplasări ale bilelor se transmit pîrghiei *E*, care modifică poziţia supapei *D*, iar aceasta îngustează sau lărgeşte canalul prin care aburul intră în cilindrii maşinii. Axul regulatorului este angrenat cu arborele maşinii, de unde rezultă că orice variaţie a vitezei de rotaţie a arborelui maşinii este comunicată simultan axului regulatorului. Dacă rotaţia are loc cu viteza dinainte stabilită, bilele regulatorului ocupă o poziţie în care cilindrii capătă cantitatea de abur normală. Dacă turaţia arborelui creşte, bilele se îndepărtează de axul regulatorului datorită acţiunii forţei centrifuge (poziţia lor în acest caz este reprezentată prin linii punctate în fig. 11), iar această deplasare determină o închidere parţială a supapei care reglementează accesul abu-

Scanned with OKEN Scanner

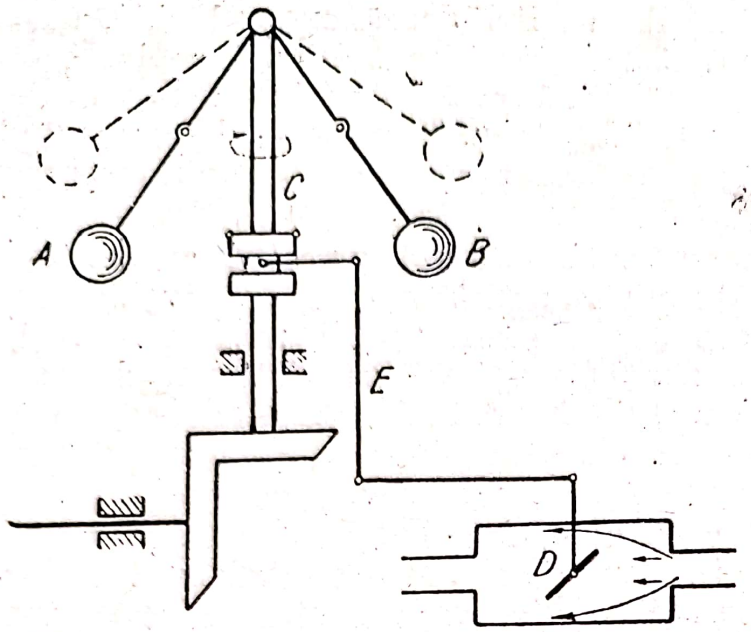


Figura 11

rului la cilindrii maşinii. Dacă însă turaţia devine mai mică decît cea dinainte stabilită, bilele se apropie de ax, ceea ce duce la deschiderea supapei, iar accesul aburului creşte şi arborele maşinii îşi accelerează rotaţia. Rotaţia arborelui şi rotaţia bilelor regulatorului, care sînt legate între ele, reprezintă un efect al lucrului mecanic efectuat de abur în cilindrii maşinii. Dar în anumite condiţii (atunci cînd viteza de rotaţie creşte sau se micşorează) această mişcare modifică însăşi cauza (acţiunea aburului). În aceasta constă aici acţiunea efectului asupra cauzei.

Transferul acţiunii efectului asupra cauzei poate fi complicat prin introducerea unui dispozitiv suplimentar, a cărui destinaţie constă în a modifica într-un fel determinat structura întregului sistem cu reacţie, astfel încît efectul să se afle tot timpul într-o concordanţă precisă cu condiţiile exterioare variabile. Astfel de sisteme, în care acţiunea efectului asupra cauzei asigură de la sine obţinerea unui efect adecvat condiţiilor exterioare, se numesc sisteme cu autoacordare. În conformitate cu aceasta, lanţurile cauzative realizate în aceste sisteme ar putea fi denumite *lanţuri cauzative cu autoacordare*. Sistemele cu autoacordare sînt materializate în tehnica actuală în multe automate, care efectuează lucrări dintre cele mai complicate.

Ideea posibilităţii unor astfel de lanţuri şi metodele pentru realizarea lor i-au fost sugerate efectiv omului de ceea ce el observă în organismele vii, adică reacţiile acestora, în împrejurări normale adecvate condiţiilor exterioare, deşi aceste

Scanned with OKEN Scanner

condiţii variază între limite destul de largi. O importantă realizare a ştiinţei contemporane este demonstrarea incontestabilă a faptului că astfel de lanţuri cauzative cu autoacordare se formează în natură în mod firesc, doar sub acţiunea unor factori naturali pe care îi studiază fizica, chimia şi biologia. Aceste lanţuri şi sistemele lor care se realizează într-o anumită formă materială au deci proprietatea de *autoorganizare*. Cele mai simple dintre ele au constituit punctul de plecare a cărui dezvoltare ulterioră a condus la excepţionala varietate a fiinţelor vii, din care gîndirea omului îşi extrage acum ideile ce-şi găsesc o realizare în minunile tot mai numeroase ale tehnicii moderne.

Caracterul inevitabil al apariţiei naturale a sistemelor cu reacţie, a sistemelor cu autoacordare şi autoorganizare este una dintre proprietăţile fundamentale ale cauzalităţii care guvernează natura. Fără această acţiune a efectelor asupra cauzelor, ale cărei forme sînt variate şi se complică mereu o dată cu modificarea condiţiilor, nu ar fi fost posibilă evoluţia naturii, nu ar fi fost cu putinţă ca ea să dea naştere la tipuri de sisteme materiale din ce în ce mai complicate şi mai perfecţionate, în care punctul culminant îl constituie organismul uman.

11. Cauzalitatea — „aspect al conexiunii universale". Cauzalitatea şi legile naturii

După cum am arătat mai sus, cauzalitatea îmbrăţişează toate fenomenele realităţii. În aceasta constă universalitatea ei. De aici nu rezultă însă că ea exprimă absolut toate relaţiile posibile dintre fenomene. Ea este numai una dintre formele acestor relaţii. V. I. Lenin subliniază: „Cauzalitatea, aşa cum este ea înţeleasă de noi în mod obişnuit, este numai o mică părticică a legăturii universale..."[35].

La prima vedere, afirmarea caracterului universal al cauzalităţii pare să excludă total reprezentarea ei numai ca părticică a conexiunii universale a fenomenelor, ca aspect al acesteia. Impresia aceasta este însă total greşită. Universalitatea cauzalităţii nu exclude faptul că ea este numai una dintre numeroasele forme de conexiune existente în realitate.

În adevăr, există, de exemplu, fenomene care se succed permanent, în toate cazurile. Astfel, după zi urmează invariabil

[35] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 38, p. 152.

Scanned with OKEN Scanner

seara, apoi noaptea şi dimineaţa; după vară vine toamna, apoi iarna şi primăvara. Între fenomene de acest gen există o conexiune temporală, cu un caracter necesar. O conexiune temporală există şi între fenomenele care nu se succed unul altuia, ci se manifestă întotdeauna concomitent. În alte cazuri, fenomenele pot fi legate printr-o conexiune spaţială necesară, care determină corelaţia dintre ele. Una dintre formele conexiunii este proporţionalitatea unor mărimi fizice determinate, caracterizînd o anumită proprietate. Nu este greu să enumerăm şi alte forme de conexiune a fenomenelor care, deşi necesare, nu pot fi clasificate în rîndul conexiunilor cauzale. Este clar că deşi seara sau noaptea urmează zilei, aceasta nu este nici cauză serii, nici a nopţii. Tot astfel, vara nu este cauza toamnei sau a iernii, sau a primăverii. Dacă un tren, intrînd într-o staţie, se opreşte după ce acul ceasornicului sare din poziţia corespunzătoare momentului $12^{h}\,00^{min}$, în poziţia corespunzătoare momentului $12^{h}\,01^{min}$, este clar că această deplasare a acelor ceasornicului din staţie nu este nicidecum cauza opririi trenului, deşi în condiţiile unei respecătri riguroase a mersului trenurilor, această succesiune în timp a celor două fenomene se va repeta permanent, cu necesitate. Este cunoscut că malaria bîntuie în regiunile umede, mlăştinoase. Prezenţa mlaştinilor şi răspîndirea malariei sînt legate între ele spaţial. Dar nici prezenţa mlaştinilor ca atare, nici prezenţa umezelii nu sînt cauza malariei. Apariţia electronului de recul în efectul Compton este legată necesar de apariţia unui foton de împrăştiere. Dar nu putem afirma că electronul de recul ar fi cauza acestui foton, sau invers.

În toate cazurile de conexiuni necesare, constante, enumerate aici, ca şi în multe altele analoge, nu există elementul principal inerent cauzalităţii. Un fenomen nu generează, nu trezeşte la viaţă pe celălalt. Aici un fenomen este întrucîtva un însoţitor al celuilalt.

Legile naturii fac parte dintre tipurile de conexiuni deosebit de importante. Legile naturii sînt conexiuni necesare, esenţiale şi stabilite între fenomene. Care este relaţia dintre cauzalitate şi legile naturii? Adeseori se exprimă părerea conform căreia legătura cauzală şi legea ar fi identice. Nu putem fi de acord cu aceasta. Noţiunea de lege cuprinde un grup întreg de conexiuni necesare foarte diferite, şi numai una din acest grup este conexiunea cauzală. Prin urmare, noţiunea de lege este mai largă decît cea de cauzalitate.

Scanned with OKEN Scanner

Drept confirmare putem cita o serie de legi care nu sînt în mod cert expresia unei conexiuni cauzale între fenomenele la care ele se referă nemijlocit. Să luăm o lege a fizicii cum este legea Wiedemann — Frantz, care spune că conductivitatea electrică a metalelor este direct proporţională cu conductibilitatea lor termică. Prin urmare, această lege stabileşte o conexiune necesară, esenţială, permanentă între conductivitatea electrică şi conductibilitatea termică. Dar această relaţie nu este o conexiune cauzală. Nici conductivitatea electrică nu este cauza conductibilităţii termice, nici aceasta din urmă nu este cauza celei dintîi. Legătura dintre ele este de altă natură. Ambele sînt efecte ale aceleiaşi cauze: mişcarea electronilor liberi în metal. Cunoscutele legi ale lui Kepler din astronomie prezintă şi ele o situaţie similară. De exemplu, în una dintre ele este exprimată conexiunea necesară, esenţială, constantă dintre perioadele de revoluţie ale planetelor în jurul Soarelui şi distanţele lor la acesta. Este cu totul evident că aceşti doi parametri (perioada de revoluţie şi distanţa) nu se află în relaţia caracteristică pentru conexiunea cauzală. Ar fi un nonsens să afirmăm că distanţa unei planete la Soare este cauza perioadei ei de revoluţie pe orbită, sau invers.

Iată un alt exemplu de lege din fizică în care nu este exprimată o conexiune cauzală. În fizica moleculară se stabileşte că cantitatea de căldură necesară pentru încălzirea unui mol de gaz cu 1°C, cu condiţia ca presiunea să rămînă constantă, este mai mare decît cantitatea de căldură necesará pentru încălzirea cu 1°C a aceleiaşi cantităţi de gaz, cu condiţia constanţei volumului, şi anume este mai mare cu o cantitate identică pentru toate gazele. Cu alte cuvinte, diferenţa dintre căldurile specifice ale gazelor la presiune constantă şi la volum constant este egală cu aşa-numita constantă a gazelor. Aceasta este o relaţie dintre două caracteristici diferite ale unui gaz, o relaţie permanentă, esenţială, necesară. Este o lege. Dar nu ne dă o legătură între cauză şi efect: nici căldura specifică la presiune constantă nu este cauza căldurii specifice la volum constant, nici invers.

Nu trebuie să se creadă că, vorbind despre legi de acest gen, avem în vedere anumite relaţii particulare şi prea puţin importante, care se întîlnesc în natură şi care adeseori nu sînt denumite nici măcar legi, ci doar „reguli".

Să luăm, de exemplu, una dintre legile fundamentale ale mecanicii: principiul acţiunii şi reacţiunii. El stabileşte că fiecare acţiune are întotdeauna o reacţiune, egală şi de sens

Scanned with OKEN Scanner

contrar cu ea. Dar acțiunea nu este cauza reacțiunii, după cum reacțiunea nu este efectul acțiunii. Tot astfel, reacțiunea nu poate fi considerată drept cauză a acțiunii. Una dintre legile cele mai importante ale mecanicii cuantice actuale este legea descoperită de Louis de Broglie. Conform acestei legi, lungimea de undă corespunzătoare unui microobiect — electron, proton, neutron, atom, moleculă etc. — este invers proporțională impulsului acestuia. Avem așadar o relație necesară, esențială, constantă între lungimea de undă a microobiectului și impulsul lui. Ea este proprie oricărui microobiect, în orice condiții de mișcare, și este trăsătura cea mai caracteristică a întregului domeniu de procese cuantice. Totodată, această relație nu este nicidecum considerată ca fiind cauzală în fizica actuală. Nu avem nici un temei pentru a considera că lungimea de undă a unui microobiect este cauza sau efectul impulsului său.

Un important tip de legi care se întîlnesc în domeniile cele mai variate ale științelor naturii sînt legile statistice. Dintre acestea fac parte, de exemplu, legea maxwelliană a distribuției după viteze a moleculelor unui gaz. Ea ne arată ce număr de molecule posedă, la o temperatură dată, o viteză care se situează într-un anumit interval de valori. În fizica statistică este importantă și legea de distribuție a energiei unui sistem, după gradele de libertate ale mișcării sale. Ea stabilește ce valoare a energiei revine în medie diverselor grade de libertate, în funcție de temperatură, de frecvența oscilațiilor și de alți parametri ai sistemului aflați într-o anumită mișcare. Bineînțeles, mărimile legate între ele, din aceste legi, nu sînt în relație de cauză și efect. Astfel, numărul de molecule cu o anumită valoare a vitezei situată într-un interval determinat nu poate fi considerat nici drept cauză, nici drept efect al diverselor valori ale vitezei. Numărul acestor molecule este determinat de masa totală a gazului și nicidecum de valoarea vitezei ca atare. În funcție de masa totală a gazului, un număr diferit de molecule poate avea o viteză care se situează într-un interval de valori dat.

Legile care nu sînt o expresie a conexiunii cauzale dintre fenomene nu se întîlnesc numai în fizică, în astronomie și în alte științe ale naturii. Putem găsi ușor astfel de exemple și în domeniul filozofiei. Astfel, una dintre legile dialecticii materialiste este teza legăturii dintre singular și general. Legătura aceasta este permanentă. Ea este esențială și necesară. Totuși, ea nu face parte din categoria conexiunilor cauzale. Singularul nu produce generalul, nu-i dă naștere așa cum

Scanned with OKEN Scanner

cauza generează efectul. Tot astfel, generalul nu dă naştere singularului, nu-l produce. Cauza şi efectul sînt două fenomene esenţialmente diferite; efectul, o dată generat, începe pînă la urmă să existe independent de cauză. Singularul şi generalul nu pot niciodată să înceapă o existenţă separată; ele nu sînt două fenomene diferite, ci două laturi, două aspecte ale aceluiaşi fenomen care există într-o inseparabilă unitate. Legătura lor, relaţia lor, este cu totul alta decît cea dintre cauză şi efect. De asemenea, nu putem considera drept expresie a unei conexiuni cauzale nici legea legăturii dintre esenţă şi fenomen, legea legăturii dintre necesitate şi întîmplare.

În legea fundamentală a dialecticii materialiste este vorba despre caracterul intim contradictoriu al tuturor fenomenelor, despre unitatea şi lupta contrariilor, inerente fenomenelor. Contrariile, ale căror relaţii formează contradicţia, sînt legate între ele printr-o conexiune necesară, esenţială, permanentă. Legea care stabileşte această conexiune nu poate fi considerată ca o lege ce exprimă o conexiune cauzală între ele. Legătura dintre contrarii nu este cea dintre cauză şi efect. Ele sînt diferite, însă legate printr-o indisolubilă unitate. După cum un pol al unui magnet nu poate fi interpretat ca fiind cauza celuilalt, tot astfel, nici una dintre laturile unei contradicţii nu poate fi interpretată ca fiind cauza celeilalte, iar aceasta ca efect al celei dintîi.

Din toate acestea rezultă ceea ce am arătat mai sus: categoria de cauzalitate este mai îngustă decît categoria de lege. Dar cum este aceasta posibil, din moment ce cauzalitatea îmbrăţişează absolut toate fenomenele naturii, din moment ce ea se referă, aşadar, la numărul maxim posibil de obiecte? Nu este oare aceasta o contradicţie? Nu este. Explicaţia este următoarea. Cînd despre categoria de cauzalitate spunem că este mai îngustă decît categoria de lege, comparăm aici cele două noţiuni după numărul de *conexiuni* pe care le cuprinde fiecare dintre aceste categorii. După cum ştim, cauzalitatea uneşte numai cauza şi propriul ei efect. În schimb, legea poate să lege între ele nu numai cauzele şi efectele lor, ci şi, de exemplu, diversele efecte ale aceleiaşi cauze în condiţii diferite cînd, să zicem, în urma unei anumite modificări a condiţiilor variază proprietăţile unui corp, determinate de o aceeaşi cauză. Legea poate exprima şi conexiunile dintre diverse cauze: conexiunile care au caracterul unei coordonări spaţiale sau temporale; conexiunile de acelaşi gen

Scanned with OKEN Scanner

ca și cele dintre general și singular, dintre formă și conținut etc.

Dar cele spuse pînă acum nu exprimă total relația complexă dintre cauzalitate și lege. Dacă prin cantitatea, prin varietatea conexiunilor pe care le îmbrățișează, legea este mai cuprinzătoare decît cauzalitatea, în schimb, ea este mai îngustă decît cauzalitatea sub aspectul varietății fenomenelor cărora li se aplică.

Pentru a ne convinge de aceasta, trebuie să analizăm, măcar pe scurt, problema întîmplării și a necesității. În studiul proceselor care au loc în natura înconjurătoare, deosebim fenomene necesare și fenomene întîmplătoare. Se numește necesar ceea ce, în condiții date, se produce în mod obligatoriu și într-un fel anumit, nu într-alt fel. Dimpotrivă, este întîmplător, contingent sau aleatoriu ceea ce, în condiții date, poate să fie sau să nu fie ca atare, sau ceea ce poate să apară într-un fel sau în alt fel. Opunerea acestor fenomene pare a fi absolut rigidă, ca și cum opunerea le-ar despărți total în două clase, între care se întinde o prăpastie de netrecut. În realitate însă, această împărțire nu este absolută, ci relativă: ea are sens întotdeauna numai în raport cu anumite lanțuri de conexiuni concrete, în raport cu sisteme materiale concrete. Nu există fenomene dintre care unele să fie „în general", „ca atare", prin însăși natura lor, indiferent de legăturile lor cu alte fenomene necesare, iar altele întîmplătoare. Ceea ce într-un sistem de fenomene legate între ele se arată a fi necesar, poate fi întîmplător într-un alt sistem de conexiuni. Astfel, din legăturile materiale care există între corpurile sistemului solar rezultă inevitabil, în mod necesar apariția eclipselor de soare la momente bine determinate și de forme bine determinate (totale sau parțiale). Dar în raport cu acest lanț de conexiuni, va fi cu totul întîmplător faptul că, în timpul eclipsei, într-o anumită pădure, într-o anumită poiană, s-a prăbușit pe neașteptate un copac. Or, într-un alt sistem de conexiuni, în care se încadrează organic toate fazele dezvoltării acestui copac, prăbușirea lui va fi necesară. Este posibil, de exemplu, ca el să se fi aflat de mult în condiții care determină putrefacția, care i-au ros trunchiul într-un asemenea grad, încît copacul nu mai putea rămîne în picioare. Dar dacă însuși faptul căderii sale era necesar, momentul căderii este întîmplător, el a fost determinat de o rafală de vînt, care s-a dezlănțuit tocmai în clipa aceea etc. Cît despre eclipsa de soare, ea apare ca un fenomen întîmplător în ra-

Scanned with OKEN Scanner

port cu sistemul de conexiuni care cuprinde istoria copacului nostru.

Aşadar, deşi întîmplătorul şi necesarul se întrepătrund şi nu sînt absolut despărţite unul de celălalt, le putem opune net în fiecare conexiune concretă a fenomenelor, ca fiind complet diferite unul de celălalt. Ţinînd seama de această relativitate a opoziţiei dintre întîmplător şi necesar, putem spune că legile naturii cuprind, într-un fel sau altul, un grup de fenomene necesare. Sfera acţiunii lor se întinde, pînă la un anumit grad, şi asupra domeniului fenomenelor întîmplătoare, anume asupra fenomenelor întîmplătoare pe care le studiază teoria probabilităţilor. Teoria probabilităţilor este departe de a se ocupa de toate fenomenele întîmplătoare în genere. Obiectul ei îl constituie numai un grup special şi relativ mic de fenomene aleatorii, care posedă o frecvenţă de apariţie stabilă în condiţii corespunzătoare. Principiile fundamentale pe care se bazează actuala teorie a probabilităţilor sînt: legea numerelor mari (în enunţul lui P. L. Cebîşev) şi teorema centrală la limită (în enunţul lui A. M. Leapunov). Ambele principii se realizează numai dacă sînt respectate anumite condiţii, pe care le satisface numai o anumită parte din întreaga varietate uriaşă a fenomenelor întîmplătoare[36].

Este de la sine înţeles că, la fel cu legea, cauzalitatea se aplică tuturor fenomenelor necesare. Dar pe cînd acţiunea legilor se extinde numai asupra unei părţi a domeniului fenomenelor aleatorii, cauzalitatea acţionează în orice fenomene aleatorii, în fiecare dintre ele. Nu există nici un fenomen — necesar sau aleatoriu, care să nu fie determinat de o cauză şi care să nu fie el însuşi cauza unui alt fenomen. De aici rezultă concluzia extrem de importantă că, deşi este numai una din numeroasele conexiuni existente, conexiunea cauzală stă la baza tuturor celorlalte forme de conexiuni. Ele se pot forma şi se formează efectiv toate, inclusiv legile, numai pe baza acţiunii cauzalităţii, care nu cunoaşte nicăieri şi niciodată nici un fel de excepţii. Pentru existenţa unei legi a naturii, chiar dacă ea nu exprimă o relaţie cauzală între fenomenele pe care le leagă nemijlocit, este necesar ca aceste fenomene să fie verigi ale unor anumite lanţuri cau-

---

[36] Pentru aplicabilitatea legii numerelor mari, este necesar ca:
a) speranţa matematică a unei variabile aleatorii să fie nulă;
b) împrăştierea variabilei aleatori să fie finită. Teorema centrală la limită cere ca: a) să avem numeroşi parametri independenţi care acţionează asupra valorii variabilei aleatorii; b) fiecare parametru în parte să exercite o influenţă foarte mică asupra valorii variabilei aleatorii.

Scanned with OKEN Scanner

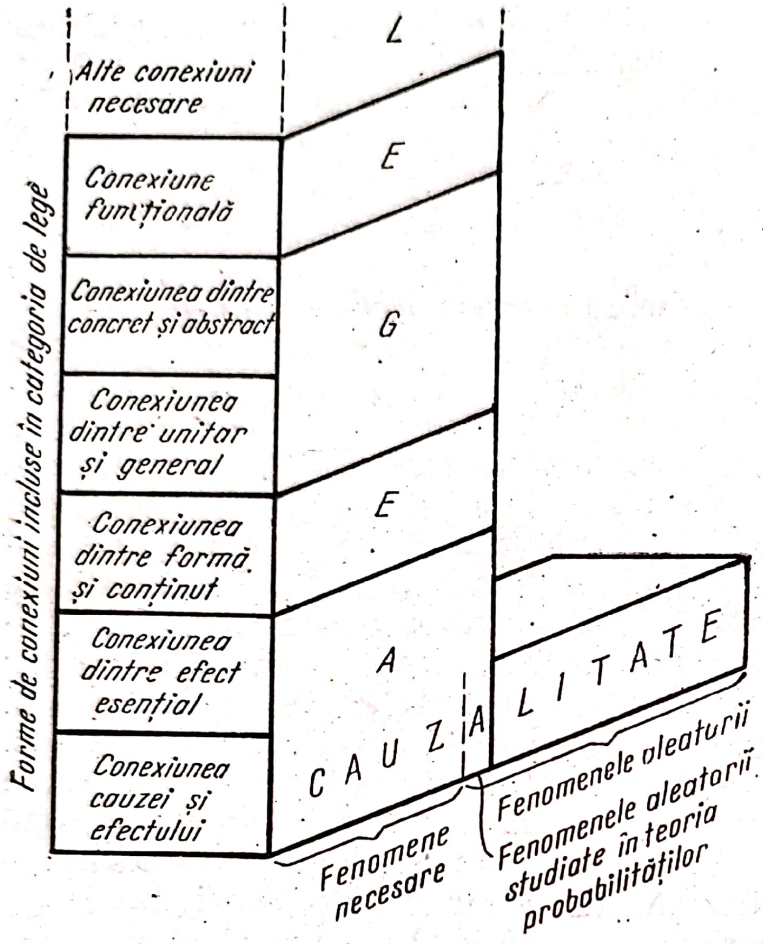


Figura 12

zale, care se manifestă cu cea mai strictă necesitate în condiții date.

Aşadar, dacă este vorba despre compararea noţiunilor de cauzalitate şi de lege după varietatea tipurilor de conexiuni pe care le îmbrăţişează, atunci cauzalitatea este mai îngustă decît legea. Dacă însă noţiunile de cauzalitate şi de lege sînt comparate după varietatea tipurilor de fenomene pe care le îmbrăţişează, cauzalitatea este mai cuprinzătoare decît legea. Totodată, importanţa deosebită a cauzalităţii constă în faptul că ea se află la baza tuturor celorlalte conexiuni, care nu ar putea în general să existe fără ea. În fig. 12 am reprezentat schematic concluziile formulate aici. Cauzalitatea este reprezentată ca unul dintre termenii şirului de conexiuni cuprinse în noţiunea de lege. În aceeaşi figură se arată tipurile de fenomene la care se extind noţiunile de lege şi de cauzalitate. Dorind să subliniem ideea că, dintre formele de conexiuni, cauzalitatea nu este unică, dar o formă care stă la baza tuturor celorlalte, am aşezat cauzalitatea chiar la baza diagramei. Desigur, schema noastră nu are pretenţia

Scanned with OKEN Scanner

de a înfăţişa relaţia dintre cauzalitate şi lege în întreaga ei complexitate. Recurgînd la ea, trebuie să avem în vedere relativitatea opoziţiei dintre întîmplător şi necesar, pe care am amintit-o mai sus.

12. Cauzalitatea şi proprietăţile spaţiului şi ale timpului

Între cauzalitate şi spaţiu şi timp, există o legătură profundă. Cauzele şi efectele există în spaţiu şi în timp. Cauzele, la fel ca şi efectele, se află întotdeauna „aici" sau „acolo", există „mai devreme" sau „mai tîrziu", cuprind cutare sau cutare regiune a spaţiului şi durează cutare sau cutare interval de timp. Însă categoriile de spaţiu şi de timp sînt necesare nu numai pentru caracterizarea cauzelor şi a efectelor în sine, ci şi pentru exprimarea legăturilor dintre ele. Relaţiile dintre ele au un caracter spaţio-temporal. Aceasta reiese chiar din relaţiile de vecinătate şi continuitate în care se află toate cauzele cu efectele lor. Nici o cercetare fructuoasă a proceselor naturii nu este posibilă dacă nu luăm în considerare caracterul spaţial şi temporal al cauzalităţii.

F. Engels, criticîndu-l pe E. Dühring, a atras atenţia asupra legăturii organice a problemei cauzalităţii cu problema spaţiului şi a timpului. F. Engels a arătat că idei greşite asupra proprietăţilor generale ale spaţiului şi ale timpului implică inevitabil erori grave în reprezentările asupra caracterului cauzalităţii, al conexiunii cauzale.

În consideraţiile sale asupra dezvoltării Universului, E. Dühring pornea de la o reprezentare asupra spaţiului şi timpului în care infinitatea spaţiului şi a timpului era identificată cu infinitatea şirului numerelor naturale, care începe cu 1 şi se întinde la infinit numai într-un singur sens, adică un şir mărginit la un capăt. Dühring a ajuns la această reprezentare pentru că nu a fost în stare să înţeleagă natura dialectică a infinitului care, prin însuşi caracterul său, prin însăşi esenţa sa, este intim contradictoriu. Ca metafizician, E. Dühring a încercat să prezinte infinitul ca fiind lipsit de contradicţii. Una dintre laturile naturii contradictorii a infinitului spaţiului şi timpului constă în următoarele. Orice punct, orice moment pe care l-am considera, din infinitate, înaintea şi în urma lui se va întinde iarăşi un şir infinit de puncte sau de momente similare. Oricare dintre ele poate fi adoptat ca

Scanned with OKEN Scanner

origine a măsurării distanţelor, intervalelor de timp, dar infinitul este în egală măsură neepuizat şi nenumărabil nici înainte, nici înapoi. Prin aceasta, infinitatea spaţiului şi a timpului se deosebeşte radical de infinitatea şirului numerelor naturale. Caracterul bilateral, cu două sensuri al infinităţii spaţiului şi timpului, era cu totul de neînţeles pentru Dühring. De aceea, el a încercat să elimine una dintre laturile infinităţii şi să opereze, după expresia plastică a lui Engels, cu o infinitate a spaţiului şi a timpului „într-un singur sens", „împărţită în jumătate", analogă infinităţii şirului amintit mai sus. Dar tocmai aceasta l-a dus pe Dühring la greşeli grave în înţelegerea cauzalităţii.

Dacă infinitatea timpului este identică cu infinitatea şirului numerelor întregi pozitive, care începe cu 1, înseamnă că timpul are şi el un început, după cum şi acest şir are început. Dar, dacă există un început al timpului, a existat un moment cînd în lume au început transformări, deoarece toate procesele nu se pot produce decît în timp şi ele nu există în lipsa timpului. Dar, de unde au început în Univers transformările, dacă nu existaseră înainte? Pentru a explica oarecum acest fenomen, spune F. Engels, nu mai rămîne decît să admitem un singur lucru: un „impuls prim", venit în lume din exterior. Acest „impuls prim" nu este decît o altă denumire pentru Dumnezeu, şi apelul la el înseamnă renunţarea la o înţelegere ştiinţifică a principiului cauzalităţii. La o abatere analogă de la aceasta conduce şi concepţia greşită asupra caracterului infinităţii spaţiului.

Aşadar, interpretarea greşită a infinităţii timpului şi spaţiului duce inevitabil la o înţelegere a conexiunii cauzale a fenomenelor, potrivit căreia „înlănţuirea cauzelor şi a efectelor" are „un început absolut", o „cauză primă" mistică de la care ar începe întreaga dezvoltare a lumii. Această concepţie este într-o opoziţie categorică cu tot ce ne spune despre lume ştiinţa contemporană.

Ideea existenţei unui „început" al timpului şi al spaţiului l-a dus pe Dühring la ideea existenţei lumii în afara timpului şi a spaţiului, deoarece el afirma că, pe cînd nu existau încă nici timp şi nici spaţiu, lumea exista totuşi. Ideea ieşirii lumii din cadrul timpului şi al spaţiului l-a silit să renunţe şi la obiectivitatea lor. El a realizat efectiv această renunţare, înlocuind spaţiul şi timpul din realitatea obiectivă cu *noţiunile* de spaţiu şi timp.

V. I. Lenin a subliniat cu toată claritatea această legătură dintre renunţarea la obiectivitatea timpului şi a spaţiului şi

Scanned with OKEN Scanner

înţelegerea greşită a cauzalităţii, după care aceasta ar fi apărut abia într-un moment anumit: „Neadmiţînd realitatea obiectivă a timpului şi a spaţiului, sau cel puţin neadmiţînd-o clar şi precis (fiindcă el oscila şi se încurca în această problemă), Dühring alunecă în mod inevitabil, şi nicidecum întîmplător, pe panta ce-l duce la «cauze finale» şi la «primele impulsuri», lipsindu-se de criteriul obiectiv care l-ar fi putut împiedica să treacă dincolo de limitele timpului şi ale spaţiului“[37].

„Infinitatea“ şi „lipsa de început“ a lanţurilor cauzative, despre care a fost vorba în § 7, este deci într-o legătură pe deplin determinată cu natura dialectic contradictorie a infinităţii spaţiului şi a timpului.

Ştiinţa modernă, în particular fizica, a furnizat multe elemente noi pentru dezvăluirea continuă a legăturii dintre cauzalitate şi proprietăţile spaţiului şi ale timpului. Aici au o importanţă fundamentală actuala teorie a cîmpului cu ideea ei centrală de acţiune din aproape în aproape. Faptul vitezei finite a transmiterii acţunii în lungul lanţurilor cauzative constituie punctul de plecare de la care putem pătrunde adînc în structura relaţiilor în care intră toate obiectele lumii din jurul nostru.

Dacă acţiunile s-ar propaga instantaneu,adică cu viteză infinită, atunci în esenţă, orice lucru s-ar afla, în orice moment al timpului, în relaţii cauzale cu toate celelalte lucruri care ar exista în decursul aceleiaşi perioade de timp cît există el însuşi, indiferent de locul în care ar fi situate aceste lucruri în Universul infinit. Relaţiile lucrului considerat cu toate celelalte lucruri din lume ar fi de acelaşi tip, deşi ar diferi prin intensitate şi chiar prin calitate. Principiul acţiunii din aproape în aproape, caracterul finit al vitezei de propagare a acţiunii fizice schimbă situaţia într-un mod radical. Datorită acestui principiu pot să existe în lume lucruri care să nu fie legate la un moment dat al timpului printr-o interacţiune cauzală de un alt obiect dat şi care, în plus, să nu poată niciodată — din principiu niciodată! — să intre în vreo legătură cauzală cu *acest* obiect. Dacă acesta există în cursul unui interval de timp finit $\triangle t$, atunci în tot spaţiul infinit care-l înconjură există o mulţime infinită de obiecte ale căror acţiuni nu izbutesc să ajungă pînă la el în acest interval de timp, ca urmare a vitezei de propagare finite a acţiunilor. Astfel de obiecte nu intră niciodată în relaţii cauzale cu

---

[37] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 14, p. 168.

Scanned with OKEN Scanner

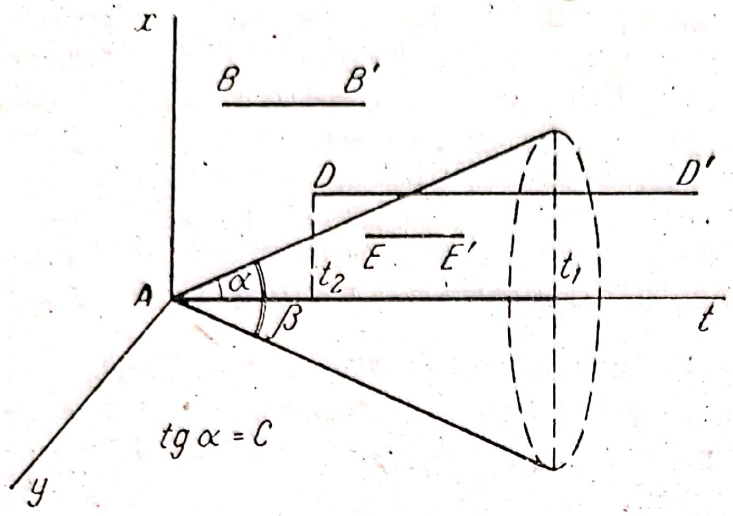


Figura 13

obiectul nostru. Ele se află în afara domeniului spaţial care înconjură obiectul considerat şi ale cărui dimensiuni depăşesc mărimea $c \cdot \Delta t$. Dimpotrivă, toate lucrurile aflate la o distanţă de la obiectul nostru pe care lumina o parcurge într-un interval de timp mai mic decît Δt pot interacţiona realmente cu el şi se pot afla cu el în relaţii cauzale.

De aici rezultă că relaţiile dintre fiecare lucru dat şi toate celelalte nu sînt de acelaşi tip; ele se împart în două grupuri principial diferite. Această clasificare a obiectelor care înconjură un obiect dat, în două grupuri ce se deosebesc principial, are o importanţă fundamentală pentru dezvăluirea conexiunii profunde a cauzalităţii cu spaţiul şi cu timpul.

Dacă vom reprezenta grafic această clasificare, situaţia va arăta ca în fig. 13. Fie un obiect material A, ale cărui relaţii cu toate celelalte obiecte ne interesează într-o anumită analiză; obiectul A se află în originea sistemului de coordonate $x = o$, $y = o$ (pentru intuitivitate, considerăm spaţiul bidimensional). Să admitem că A există din momentul $t = 0$, cînd apare, pînă în momentul $t = t_1$, cînd îşi încetează existenţa. „Linia de univers“ care-i corespunde, cum se spune în teoria relativităţii, şi care îi reprezintă existenţa apare ca un segment de dreaptă situat pe axa t, de la $t = o$ pînă la $t = t_1$.

Să presupunem că la momentul $t = o$ obiectul nostru emite un impuls electromagnetic, care se propagă în toate direcţiile cu viteza c. Fiecărei raze luminoase a acestui impuls, care se propagă într-o direcţie bine determinată, îi corespunde o „linie de univers“ proprie, înclinată sub un unghi α faţă de axa timpului t astfel încît $tg\alpha = c$. Mulţimea tuturor „liniilor de univers“ ale razelor impulsului emis este reprezentată de „conul luminos“ cu unghi la vîrf $\beta = 2\alpha$. Acest „con lumi-

nos" efectuează separarea fundamentală a tuturor obiectelor care înconjură obiectul dat, în două grupuri principial diferite, după tipul relaţiilor în care ele se pot afla cu obiectul A. Toate obiectele a căror linie de univers intră total sau parţial în domeniul cuprins de conul luminos A se pot afla, într-un fel sau altul, în relaţii cauzale cu A. Dimpotrivă toate obiectele a căror linie de univers nu se intersectează cu conul luminos A nu pot din principiu să intre în astfel de relaţii cu obiectul A. Astfel, obiectul A nu poate de loc să interacţioneze cu obiectul B din fig. 13 (a cărui linie de univers este BB'). A poate interacţiona însă cu D (linia de univers a lui D fiind DD') numai în cursul intervalului de timp $t_1 - t_2$; A poate interacţiona cu E (acesta avînd linia de univers EE') în tot cursul intervalului de timp cît există E. Dacă vom presupune că nu numai obiectul A, ci şi toate celelalte obiecte sînt capabile să emită impulsuri electromagnetice, atunci mulţimea obiectelor care pot intra în relaţii cauzale cu A se va lărgi întrucîtva. Ca atare însă, diviziunea principială se conservă.

O împărţire similară se poate efectua pentru fiecare dintre obiectele regiunii considerate a lumii, nu numai pentru A. Ca rezultat, apare în faţa noastră o complicată reţea de relaţii între obiectele care prezintă o ordonare interioară riguros determinată. În faptul posibilităţii de a separa o mulţime de obiecte capabile să interacţioneze fizic real cu fiecare obiect din regiunea considerată a lumii, îşi găseşte expresia un anumit sistem de relaţii cauzale pe care-l putem denumi structura cauzală a respectivei regiuni din lume.

Un rezultat dintre cele mai importante ale cercetării esenţei şi a semnificaţiei acestei structuri este următorul: structura cauzală a conexiunilor dintre obiecte determină proprietăţile fundamentale ale spaţiului şi ale timpului.

Această concluzie se obţine într-o formă matematică riguroasă, pe baza ipotezei că structura cauzală trebuie să fie invariantă la transformarea coordonatelor şi a timpului. Admiţînd că structura cauzală a fenomenelor nu poate depinde de transformarea coordonatelor şi a timpului, că ea rămîne invariantă în aceste transformări, stabilim că, în acest caz, singurele transformări de coordonate şi de timp posibile sînt transformările Lorentz. Dar acestea exprimă proprietăţile cele mai importante ale timpului şi ale spaţiului, dezvăluite de ştiinţa modernă: dependenţa lungimilor şi a intervalelor de timp de viteza mişcării corpurilor; relativitatea simultaneităţii; relaţia dintre lungimi şi intervalele de timp etc.

Scanned with OKEN Scanner

Aceasta confirmă valabilitatea tezei enunţate mai sus, în legătură cu determinarea proprietăţilor spaţiului şi ale timpului de structura cauzală a relaţiilor dintre obiectele materiale[38]. Din cele arătate aici nu reiese că, în felul acesta, transformările Lorentz devin cu totul „absolute", adică valabile totdeauna şi pretutindeni. Nu. La baza structurii cauzale a relaţiilor unui ansamblu de obiecte dat se află legea propagării interacţiunilor. Transformările Lorentz obişnuite se obţin în cazul cînd este valabil principiul conform căruia viteza de transmitere a interacţiunii este c, iar ecuaţiile electrodinamicii sînt liniare. Ne putem imagina că, în anumite circumstanţe, aceste condiţii nu vor fi îndeplinite, că va fi găsită o altă viteză a transmiterii interacţiunilor, diferită de viteza luminii; ecuaţiile de transformare a coordonatelor şi a timpului se vor modifica, în acest caz, fără ca să se schimbe principiul general: că vom avea două clase de obiecte principial diferite, despărţite prin tipul relaţiei lor posibile cu alte obiecte. Aceasta va fi suficient pentru a afirma că proprietăţile spaţiului şi ale timpului dintr-o regiune considerată a lumii sînt determinate de structura cauzală a conexiunilor dintre obiectele aflate în această regiune. Aşadar, această afirmaţie este mai generală decît ecuaţiile de transformare ale lui Lorentz şi independentă de ele.

Profunzimea legăturii dintre cauzalitate şi proprietăţile spaţiului este dovedită şi de faptul extrem de important stabilit în fizica actuală cu referire la „mecanismul" transmiterii interacţiunilor fizice. Datele experimentale atestă: cîmpul electromagnetic se propagă astfel încît potenţialul său la momentul t, în orice punct al spaţiului situat la distanţa R de sursa excitatoare a cîmpului, este determinat de starea sursei, însă nu la momentul t, ci la un anumit moment precedent t_1, astfel ca să avem $t_1 = t - \frac{R}{c}$ unde c este viteza de propagare a cîmpului.

Prin urmare, cu cît punctul nostru din spaţiu este mai depărtat de sursă, cu atît starea cîmpului în el este determinată de o stare mai veche a sursei. Acest principiu este cît se poate de simplu şi de natural. În esenţă, el exprimă principiul acţiunii din aproape în aproape, de care ne-am mai ocupat în § 4 şi 5. Experienţa ne arată de asemenea că, în vid,

---

[38] Această idee este dezvoltată amănunţit în lucrarea lui A. D. Aleksandrov, *Teoria otnositelnosti kak teoriia absolitunovo prostranstva-vremeni* (vezi culegerea „Filosofskie voprosî sovremennoi fiziki", Izd-vo AN SSSR, M., 1959).

Scanned with OKEN Scanner

această viteză c este aceeaşi pentru undele de toate frecvenţele.

De aceea, impulsul unui cîmp, de orice formă, se transmite în spaţiu fără nici un fel de deformaţie, fără „lăbărţare" sau comprimare. Aşadar, orice grup de unde emise de sursa cîmpului într-un interval de timp $\triangle t$ acţionează asupra receptorului acestor unde în cursul aceluiaşi interval de timp $\triangle t$. Această propoziţie constituie esenţa aşa-numitului „principiu al lui Huyghens", aplicat pe scară largă în diverse capitole ale teoriei cîmpului. Însă procesul acţiunii grupului de unde este o consecinţă (bineînţeles, mai mult sau mai puţin îndepărtată) a actului emisiei lui. De aceea, principiul lui Huyghens exprimă, în fapt, identitatea structurii temporale a verigilor lanţului cauzativ în cîmpul electromagnetic. El este pe deplin valabil şi pentru alte tipuri de cîmpuri ale căror elemente sau cuante („particule") nu au masă de repaus diferită de zero. Această particularitate importantă a cauzalităţii este direct legată de proprietăţile spaţiului. După cum arată calculele teoretice[39], din această identitate de structură temporală a cauzei şi a efectului, în cîmpurile în care dispare masa de repaus reiese că spaţiul poate avea numai un *număr impar de dimensiuni*. Acest caracter, acest „mecanism" de propagare a acţiunii în cîmpurile de tipul menţionat nu este compatibil cu un număr par de dimensiuni ale spaţiului.

Vedem că unele particularităţi ale relaţiilor intime dintre cauză şi efect sînt atît de importante pentru spaţiu, încît determină chiar o proprietate ca imparitatea numărului de dimensiuni. Nu se poate spune însă prin ce anume se explică faptul că acest număr este egal cu 3, dar însuşi faptul stabilit are o uriaşă importanţă teoretică.

Legătura dintre proprietăţile spaţiului şi cauzalitate este dovedită nu numai de datele fizicii, ci şi de datele altor ştiinţe, în particular ale biologiei. Apariţia vieţii pe planeta noastră a însemnat apariţia unor legi calitativ noi ale naturii, ireductibile la legile naturii anorganice. Au apărut noi forme de conexiuni cauzale, caracteristice pentru traiul organismelor vii, inerente evoluţiei regnului animal şi vegetal. În acelaşi timp au apărut în natură forme şi relaţii spaţiale cu totul noi, inexistente în natura nevie. Ele se deosebesc atît de profund de formele şi relaţiile spaţiale ale naturii anorganice, încît ne oferă un fundament serios pentru a vorbi despre

[39] Vezi D. I. Ivanenko, şi A. Sokolov, *Klassiceskaia teoriia polia*. Gostehizdat, M.—L., 1949, § 21.

Scanned with OKEN Scanner

formarea unui spațiu nou, *„spațiu biologic“*[40]. Una dintre trăsăturile distinctive importante ale acestui spațiu este prezența în el a unor tipuri de simetrie care nu pot avea loc în materia anorganică existentă sub forma corpurilor solide (cristalelor). În timp ce substanța solidă din natura anorganică se caracterizează prin simetrie după axe de ordinele 1, 2, 3, 4, 6, ∞, animalele și plantele posedă o simetrie de axe de ordinele 5, 7, 8, 9 etc. fără ordinul ∞. Tot astfel, în lumea ființelor vii nu întîlnim o simetrie prezentînd doar un singur centru; în schimb, ea există în natura anorganică. Altă caracteristică a spațiului biologic constă în faptul că aici există întotdeauna o predominanță netă, fie a unităților structurale „drepte“ ale substanței, fie ale celor „stîngi“ (de exemplu la molecule), pe cînd în natura anorganică formele „drepte“ și cele „stîngi“ sînt la fel de frecvente. Moleculele „drepte“ și cele „stîngi“ sînt constituite din aceiași atomi, numai că în cele două varietăți de molecule aceștia sînt astfel dispuși în spațiu, ceea ce face ca ele să difere unele de altele, pentru a ne exprima plastic, așa cum se deosebesc mîna dreaptă de cea stîngă, sau un șurub cu filet drept de unul cu filet stîng.

Prezența unei pronunțate simetrii „drepte“ sau „stîngi“ la organisme imprimă spațiului biologic un caracter deosebit de specific. Acest fapt conduce la apariția proprietății geometrice datorită căreia figurile spațiale nu se pot suprapune simplu cu imaginile lor într-o oglindă plană.

Pregnanța simetriei „drepte“ și „stîngi“ a spațiului biologic este indisolubil legată de legile fundamentale ale metabolismului, care stă la baza tuturor manifestărilor vieții. Această particularitate este determinată de legi specific biologice, nu de legi fizice sau chimice. În timp ce, sub raport pur chimic, formele „drepte“ și cele „stîngi“ ale substanței sînt identice, pe plan biologic ele pot diferi foarte mult, din care cauză existența lor în diversele condiții este determinată de legi cauzale biologice cum ar fi cele ale selecției naturale.

Din cele spuse pînă acum, reiese o concluzie generală: particularitățile cauzalității, ale conexiunilor cauzale dintre obiectele materiale determină o serie de importante proprietăți ale spațiului și timpului.

Această concluzie, extrem de importantă pe planul general al teoriei cunoașterii, este esențială și într-o altă privință,

---

[40] Vezi în legătură cu aceasta I. A. Urmanțev, I. P. Trusov, *Despre specificul formelor și relațiilor spațiale în natura vie*, în „Probleme de filozofie“, nr. 6, 1958.

Scanned with OKEN Scanner

mai îngustă, anume în analiza unor probleme de mecanică cuantică. Mai mulţi fizicieni sînt de părere că fundamentul mecanicii cuantice este aşa-numitul „principiu al complementarităţii", propus de Niels Bohr şi dezvoltat de Werner Heisenberg şi de alţii. Unii consideră chiar că acest principiu constituie sîmburele actualei concepţii noi asupra lumii şi înseamnă aproape începutul unei noi epoci în filozofia ştiinţei. Bineînţeles, aceasta nu corespunde realităţii. „Principiul complementarităţii" nu joacă şi nu poate juca un astfel de rol nici în mecanica cuantică şi nici în filozofie.

În ultimii ani, principiul complementarităţii a fost supus unei critici amănunţite, atît din partea filozofilor şi a fizicienilor sovietici, cît şi din partea unei serii de savanţi din străinătate. Nu este necesar să revenim aici la această critică şi să o reluăm. Am vrea doar să aruncăm o privire asupra ansamblului problemei principiului complementarităţii, sub un aspect nou, încă nediscutat.

Într-o formulare frecvent întîlnită, principiul complementarităţii spune: legile mecanicii cuantice sînt de aşa natură, încît microobiectele ori pot exista în spaţiu şi în timp, iar în acest caz ele nu sînt supuse cauzalităţii, ori se supun cauzalităţii, dar atunci ele nu există în spaţiu şi în timp. Cauzalitatea, de o parte, şi spaţiul şi timpul, de cealaltă, sînt „complementare", adică prezenţa unei părţi o exclude total pe cealaltă.

Analiza făcută aici relaţiei dintre cauzalitate şi spaţiu şi timp dovedeşte altceva. Ea arată că dilema: „ori-ori" este falsă. Cauzalitatea, pe de o parte, şi spaţiul, pe de alta, sînt într-o relaţie cu totul diferită decît cea proclamată de principiul complementarităţii. Departe de a se exclude reciproc, ele sînt, dimpotrivă, legate în modul cel mai strîns. Dacă prezenţa unuia ar exclude prezenţa celuilalt, proprietăţile spaţiului şi ale timpului nu ar putea fi determinate de structura cauzală a fenomenelor care se produc în lume.

După cum am văzut mai sus, recunoaşterea legăturii organice dintre proprietăţile spaţiului şi ale timpului cu structura cauzală constituie în fapt fundamentul teoriei relativităţii şi ne permite să deducem riguros matematic ecuaţiile şi transformările Lorentz. Recunoaşterea separării lor absolute constituie esenţa principiului complementarităţii. De aici reiese că, în esenţă, principiul complementarităţii contrazice ideile teoriei relativităţii. În acelaşi timp însă, mecanica cuantică nu

Scanned with OKEN Scanner

este nicidecum în contradicţie cu teoria relativităţii, iar sinteza ideilor ei cu ideile teoriei relativităţii, aşa cum şi-a găsit expresia, de exemplu, în teoria relativistă a electronului a lui Dirac, a dat pînă acum rezultate ştiinţifice importante şi promite să aducă realizări şi mai însemnate. Acesta este încă un argument împotriva principiului complementarităţii, precum şi împotriva concepţiei conform căreia acest principiu ar avea o importanţă fundamentală pentru întreaga mecanică cuantică.

Scanned with OKEN Scanner

II. Legile de conservare din fizică și determinarea cauzală a fenomenelor naturii

Sensul cel mai general și mai profund al principiului cauzalității constă în faptul că orice fenomen al naturii este determinat de un alt fenomen, de asemenea natural. Materia ca atare poartă izvorul mișcării: ea este propria ei cauză. În această privință, principiul cauzalității nu este decît o altă expresie a principiului automișcării materiei, activității interne a naturii, care nu are nevoie de cauze supranaturale pentru existența și evoluția ei.

După cum s-a arătat în primul capitol, conexiunile cauzale sînt continue. Lanțurile cauzative nu prezintă discontinuități, iar această lipsă a discontinuităților este asigurată de caracterul substanțial al relațiilor dintre cauze și efecte. Substanțialitatea lor se manifestă, în primul rînd, în faptul că proprietățile fundamentale ale materiei sînt indestructibile, oricare ar fi schimbările calitative dintr-un lanț de cauze și efecte al fenomenelor. Cauza, acționînd asupra efectului, modificîndu-l și modificîndu-se ea însăși, nu dispare fără urme, ci se conservă în efect. Această conservare se manifestă chiar în simplul fapt că efectul, după ce este generat de cauză, apare la rîndul său, în calitate de cauză a unor modificări ulterioare.

Se impune în mod firesc sarcina de a urmări ce anume se conservă în lanțul de cauze și efecte al fenomenelor, asigurînd atît continuitatea lanțurilor cauzative, cît și substanțialitatea lor. În legătură cu această problemă se impune atenției noastre faptul că relațiile cauză-efect acționează în natură cu condiția realizării unor legi de conservare. Întregul ansamblu al legilor de conservare cunoscute în fizica actuală constituie o condiție tot atît de necesară pentru reflectarea cu adevărat științifică a realității, ca și principiul cauzalității. Trebuie să clarificăm mai întîi problema dacă legile de conservare formează sau nu fundamentul pe care se desfășoară întreaga bogăție de relații dintre cauze și efecte din natură. Dacă vom reuși să urmărim conexiunea necesară dintre legile de conservare și principiul cauzalității, vom căpăta astfel încă un argument esențial în favoarea explicării cauzale a naturii.

Scanned with OKEN Scanner

Este necesar să menţionăm că expresia ştiinţifică a acestei interdependenţe dintre legile de conservare şi principiul cauzalităţii trebuie căutată în unele particularităţi ale cunoaşterii acestor legi. De exemplu, adresîndu-ne istoriei legilor de conservare, putem observa că cunoaşterea lor în istoria ştiinţei îmbogăţeşte cunoaşterea principiului cauzalităţii, iar la rîndul său, principiul cauzalităţii serveşte adesea ca fundamentare profundă a legilor de conservare nou descoperite. La baza acestei particularităţi a cunoaşterii respectivelor legi, fără îndoială că se află conexiunea obiectivă profundă dintre cauzalitate şi legile de conservare. Pentru a sesiza această legătură obiectivă şi pentru a o urmări mai concret, trebuie să începem cercetarea cu unele fapte din istoria filozofiei şi din istoria studiului naturii. Apelul la această istorie ne va ajuta să urmărim mai profund relaţiile dintre principiul cauzalităţii şi legile de conservare în ştiinţa din zilele noastre.

1. Apariţia ideii de conservare în filozofia antică

Prima idee asupra legilor de conservare o găsim la izvoarele ştiinţei antice a naturii, o idee încă extrem de generală, dar totodată profundă şi de o nepieritoare valoare. Această idee, născută din contradicţiile dezvoltării filozofiei vechi, a luat forme concrete şi, în virtutea acestui fapt, a devenit un element esenţial al cunoştinţelor din domeniul naturii. Încă în India antică, de exemplu, filozofii din şcoala Lokayata erau de părere că fundamentul prim al lumii este constituit din patru elemente: pămîntul, apa, focul şi aerul. Combinîndu-se, aceste elemente imuabile şi eterne, iniţiază dezvoltarea Universului[1]. Gînditorii din China veche considerau că aceste elemente fundamentale sînt apa, focul, lemnul, metalul şi pămîntul[2]. Filozofii ionieni vorbesc despre un fundament prim al lumii, care există veşnic şi se conservă în permanenţă, reprezentîndu-l cînd ca apă (Tales), cînd ca aer (Anaximene), cînd ca pe o materie indefinită (Anaximandru). Această imagine a fundamentului, a principiului unic al lucrurilor, care se păstrează în condiţiile aparenţei lor trans-

[1] Vezi S. Radhakrishnan, *Filozofia indiană*, vol. I. M., IL, 1956, p. 234; (Lokayata este şcoala materialismului vechi indian); vezi şi *Istoria filozofiei*, vol. I, Editura Ştiinţifică, Bucureşti, 1958, p. 46.
[2] *Ibidem*, pp. 51—62.

Scanned with OKEN Scanner

formări neîntrerupte, a fost prima abordare istorică în explicarea dezvoltării contradictorii a materiei. Filozofii din şcoala Lokayata şi ionienii, la fel ca şi filozofii Chinei antice, nu erau încă în stare să pătrundă profund dialectica obiectivă a lumii în mişcare. Ei se străduiau să înţeleagă tabloul de ansamblu al mişcării, şi de aceea voiau să găsească substanţa primară imuabilă din care nasc toate lucrurile şi în care ele se transformă din nou. Conservarea şi transformarea nu sînt înţelese încă în calitate de laturi contradictorii inseparabile ale lumii unice, iar ulterior ideea conservării este nevoită să se retragă în faţa evidenţei neîntreruptei apariţii şi pieiri a lucrurilor. În aceasta se manifestă dialectica specifică a cunoaşterii. Se observă uşor că, în dezvoltarea sa istorică, cunoaşterea adesea „rupe unicul" şi se adresează unor laturi deosebite ale realităţii, pe care le consideră rupte de întreg. Bineînţeles, aceasta conduce la idei unilaterale, dar ele constituie o etapă indispensabilă în cunoaşterea naturii. Şi, în adevăr, în cazul considerat, principiul prim imuabil al lucrurilor în veşnică schimbare a apărut ulterior ca fiind el însuşi ceva ce se schimbă permanent. Ideea conservării a trecut pentru un timp pe al doilea plan, spre a renaşte însă curînd pe un fundament nou, şi mai solid.

Imaginea heracliteeană a focului veşnic — care se aprinde în mod regulat şi se stinge în mod regulat —, ne dezvăluie tabloul neîntreruptei transformări a lumii. Acest tablou nu lasă loc imuabilului. Totul curge, nu există nimic care să se conserve şi nu te poţi scălda de două ori în acelaşi rîu. Desigur, această transformare universală are un caracter necesar, deoarece, după cum spune Heraclit, „totul apare prin luptă, şi în virtutea necesităţii". Dar necesitatea nu ia nicidecum vreo formă concretă în doctrina lui Heraclit. Noţiunea de necesitate este mai curînd identificată aici cu noţiunea fluxului etern al naşterii şi al pieirii lucrurilor, care nu se opreşte niciodată, flux în care totul se transformă în foc şi focul în toate. Dar o înţelegere mai profundă a naturii cere să dezvăluim legile schimbării lucrurilor, să aflăm cauzele acestor schimbări. Or, ideea fluxului neîntrerupt dacă este continuată consecvent duce inevitabil la relativismul absolut al lui Cratil: în acelaşi rîu nu poţi intra nici măcar o singură dată. Dacă totul este absolut variabil, dacă nu există repaus relativ, gîndirea nu are la ce să se oprească şi, în esenţă, nu avem nici o posibilitate de a înţelege lumea în transformare, de a o explica. Mişcarea fără conservare dă un tablou unilateral al lumii, este doctrina metafizică întoarsă pe dos.

Scanned with OKEN Scanner

În realitate, mişcarea lucrurilor este profund contradictorie. Şi numai cunoaşterea acestei contradicţii dă posibilitatea de a dezvălui mişcarea în necesitatea ei. Încă Heraclit îşi dă seama că rîul care curge „este în repaus, transformîndu-se". Dar această idee dialectică rămîne la el nedezvoltată. Contradicţia dintre imuabil şi variabil, sesizată într-o formă naivă încă de gînditorii Orientului antic şi de ionieni, trece pe al doilea plan şi se retrage în faţa imaginii focului care nu încetează niciodată şi în care nu există de loc elemente de stabilitate, de conservare. În această etapă a cunoaşterii, transformarea lumii apare ca fiind dată nemijlocit. Natura acestei transformări, cauzele ei interne ne sînt ascunse, profund necunoscute. Or, contradicţia dintre existenţă şi inexistenţă, contradicţia dintre relativa stabilitate a lucrurilor şi variabilitatea lor este una dintre cele mai generale şi mai adînci contradicţii ale naturii. O dată cu descoperirea acestei contradicţii începe cunoaşterea mişcării materiei în conexiunile ei cauzale. Heraclit a surprins o latură a contradicţiei: transformarea lucrurilor. Eleaţii, criticînd doctrina heracliteeană, au atras atenţia asupra celeilalte laturi a contradicţiei: relativa stabilitate, conservarea lucrurilor. Ceea ce a fost o intuiţie naivă în şcoala ioniană s-a dezvoltat la eleaţi pînă la rangul de principiu, ei încercînd pentru prima dată în istoria cunoaşterii să dea acestui principiu o întemeiere teoretică.

Concepţiile eleaţilor s-au format în aceeaşi epocă în care şi-a desfăşurat activitatea şi Heraclit. Zenon, care a vrut să fundeze doctrina lui Xenofan şi a lui Parmenide, întemeietorii şcolii eleate, a trăit mult după marele iniţiator al dialecticii antice[3]. Pe eleaţi nu-i satisface dialectica unilaterală a lui Heraclit, ei nu pot accepta nici principiul fundamental al ionienilor: explicarea schimbării lucrurilor prin reducerea la o substanţă primară imuabilă. Dacă lumea este în permanentă transformare, de ce se opresc aceste transformări la principiul prim? Dacă aerul provine din apă, de unde provine apa? Dacă aerul este aceeaşi apă, înseamnă că nu există schimbare. Dacă aerul este ceva diferit de apă, înseamnă că din ceva inexistent a apărut ceva existent[4]. Dar această din urmă

[3] „Acme" la Heraclit este în anul 504 î. e. n., iar „Acme" la Zenon, în anul 406 î. e. n. („Acme" era, la antici, perioada de înflorire maximă a facultăţilor intelectuale şi fizice la un bărbat — la circa 40 ani).
[4] Vezi M. I. Mandes, *Eleati, filologhiceskie razîskaniia v oblasti istorii greceskoi filosofii*, SPb, 1911, pp. 170—171.

Scanned with OKEN Scanner

afirmaţie contrazice principiul fundamental al ionienilor: „generarea din inexistent este imposibilă“[5].

Eleaţii, care au preluat de la ionieni concepţia realistă asupra lumii, sînt ferm convinşi de existenţa lucrurilor. Putem face abstracţie de orice proprietate a unui lucru, însă existenţa (lucrului), fie ea oricît de săracă, este proprietatea lui cea mai inalienabilă[6]. Ei sînt de acord cu ionienii că din nimic nu se naşte nimic, altfel spus, ceea ce se cheamă la ei fiinţa nu apare şi nu se distruge. Dar la această judecată nu avem voie să ne oprim; ei consideră că trebuie să mergem mai departe şi că trebuie să înţelegem realitatea pînă la capăt, să o descifrăm în mod profund. Fiinţa este eternă şi indestructibilă pentru că a vorbi despre distrugerea sau despre pieirea ei înseamnă a o nega, înseamnă a intra în contrazicere cu însăşi noţiunea de fiinţă, atribuindu-i totodată şi fiinţă şi nefiinţă. Căci, ce este, de exemplu, distrugerea unui lucru dacă nu transformarea fiinţei în nefiinţă. Aşadar, admiterea naşterii şi a pieirii lucrurilor ne conduce la o contradicţie. Eleaţii cred în puterea raţiunii şi, fără nici un fel de reflexiune, fără urmă de îndoială în capacitatea gîndirii de a cunoaşte lumea, sînt de părere că cugetarea cutezătoare şi riguroasă le dezvăluie adevărul. Dar, dacă într-un caz gîndirea a ajuns la o contradicţie, înseamnă că premisele au fost greşite. Aşadar, nu avem voie să vorbim despre apariţie, despre distrugerea fiinţei, ea este eternă şi imuabilă.

Dar cînd vorbim despre fiinţă, putem avea în vedere nu numai existenţa lucrurilor, ci şi existenţa proprietăţilor lor. Dacă la ionieni proprietăţile variabile ale lucrurilor apar pe baza unui principiu prim imuabil, în schimb eleaţii nu se pot opri nici la această idee. Ei văd şi în această teză a ionienilor o contradicţie profundă, o inconsecvenţă: din imuabil nu poate să ia naştere variabilul. În numele gîndirii riguroase, spre care aspiră şi care — după concepţia lor — este singura capabilă să ne dea adevărul, ei sînt nevoiţi să tragă concluzia că nimic, nici lucrurile, nici proprietăţile lor nu apar şi nici nu se distrug. Dar aceasta poate însemna doar că fiinţa, ca adevărat fundament al lumii, nu are o multiplicitate de proprietăţi, deoarece nimic — nici lucrurile, nici proprietăţile lor — nu poate să apară ca ceva nou. Fiinţa este omogenă şi continuă. Numai în opinia noastră există o mulţime de

---

[5] Aristotel, *Fizica*, Soţekghiz, M., 1937, 187 a—187 b.
[6] Vezi A. I. Herzen, *Pisma ob izucenii prirodi*, Gospolitizdat, 1946 p. 102.

Scanned with OKEN Scanner

proprietăţi variabile, există apariţia şi distrugerea. În realitate însă nu există nici apariţie, nici distrugere, totul este unic şi imobil. „Totul este umplut cu fiinţă — spune Parmenide. Căci fiinţa aderă strîns la fiinţă“[7].

Vedem cum, plecînd de la ionieni şi depăşind dialectica unilaterală a lui Heraclit, eleaţii duc pînă la ultima consecinţă logică ideea principiului imuabil al lucrurilor şi ajung la o altă unilateralitate: totul este absolut imuabil. Unde este adevărul? Gîndirea nu se poate împăca cu aceste abstracţii ale imuabilităţii eterne, pe de o parte, şi ale variabilităţii absolute, pe de alta. Lumea este plină de mişcare, nu numai în aparenţă, ci şi în fapt. Totodată însă, avem oare dreptul să credem că eleaţii greşeau în mod absolut? Bineînţeles că nu. Gîndirea lor îndrăzneaţă a îndemnat oamenii să mediteze profund asupra esenţei mişcării şi a ajutat la stabilirea ideii că tot ce se schimbă este inseparabil de ceea ce este imuabil, de ceea ce se conservă. Fără ele ar fi fost imposibil să se înţeleagă acest adevăr, care, într-o formă implicită, se afla la fundamentul atomismului. Se poate spune că, fără îndoielile lor profunde în existenţa mişcării, ar fi fost imposibilă întemeierea teoretică a doctrinei atomiste. Ideile lui Leucip şi ale lui Democrit au fost rezultatul cugetărilor profunde ale eleaţilor asupra esenţei mişcării. Heraclit topise lumea în fluxul etern al focului. Eleaţii au oprit-o. Atomiştii nu puteau să se împace nici cu una, nici cu alta. Mai exact, ei îşi dădeau seama că adevărul cere să adoptăm, într-o anumită măsură, şi una, şi alta.

Istoric, atomismul a apărut ca rezultat al depăşirii unilateralităţii filozofiei heracliteene şi a filozofiei eleaţilor. Nu putem fi de acord cu Hegel, care deduce doctrina atomistă a lui Leucip-Democrit direct din ideile lui Heraclit[8]. Izvoarele literare, atestă că Leucip, întemeietorul atomismului elin, a fost discipolul lui Zenon eleatul[9]. Iar logica intimă a ideilor filozofice dă la iveală în mod clar rădăcinile eleate ale atomismului. A. O. Makovelski scrie, în mod justificat, că „în însăşi noţiunea de atom se întrevede originea ei eleată“[10].

Fiinţa este, aşadar, imuabilă, ea este indestructibilă şi necreată; — această teză fundamentală a eleaţilor este preluată

---

[7] Citat după *Istoriia filozofii*, t. I, Gospolitizdat, ediţia 1941, p. 69.
[8] Hegel, *Opere* vol. IX, Partizdat, M., 1932, pp. 245, 280.
[9] Vezi, de exemplu, E. Zeller, *Schiţă a filozofiei greceşti*, SPb, 1912, p. 52.
[10] A. O. Makovelski, *Drevnegreceskie atomisti*, Izd-vo AN Azerb. SSR., Baku, 1947, p. 21.

Scanned with OKEN Scanner

de atomişti şi devine, în fond, baza doctrinelor lor. Dar legile cunoaşterii sînt de aşa natură, încît un adevăr exprimat într-o formă generală, în cazul în care sesizează efectiv laturile profunde ale lumii obiective, evoluează cu necesitate în direcţia îmbogăţirii conţinutului său. În desfăşurarea cunoaşterii, un astfel de adevăr ia forme din ce în ce mai concrete. Dacă fiinţa este imuabilă şi indestructibilă, înseamnă că ea este şi indivizibilă, că ea nu poate fi împărţită, nu poate fi tăiată. O astfel de fiinţă poate fi concepută concret sub forma unor corpusculi-atomi absolut denşi, deoarece prin însuşi înţelesul ei fiinţa este ceva absolut plin, continuu în sine. Totodată însă, atomiştii antici îşi dau seama că mişcarea fiinţei este posibilă numai în cazul în care fiinţa este discretă. Această contradicţie dintre plinătatea absolută şi continuitatea fiinţei, pe de o parte, şi necesitatea de a imagina discontinuitatea ei, pe de altă parte, se rezolvă uşor dacă admitem că, pe lîngă fiinţă, există şi nefiinţă. Rămînînd continuă în sine, fiinţa poate fi împărţită, întreruptă numai de nefiinţă. Fiinţa invizibilă — atomul — este continuă în sine, dar ea este şi discretă, deoarece există o ieşire dincolo de hotarul fiinţei, în nefiinţă. Adoptînd ideea importantă a eleaţilor despre indestructibilitatea şi increabilitatea fiinţei, atomiştii nu acceptă omogenitatea şi continuitatea în genere a fiinţei. Şi dacă fiinţa ne apare sub formă de atomi care au configuraţie spaţială, nefiinţa este vidul. La eleaţi, mişcarea eternă, transformarea lumii există numai în reprezentarea omului, pe cînd în realitate fiinţa este una şi imobilă. La Leucip şi la Democrit există în realitate atomii şi vidul, iar o dată cu ei şi posibilitatea mişcării în realitatea ei obiectivă.

Opoziţiile dintre fiinţă şi nefiinţă, dintre plin şi vid stau la baza doctrinei atomiste. Aceste opoziţii sînt organic legate de alte două opoziţii: eternitatea atomilor, conservarea lor, pe de o parte, şi mişcarea lor neîntreruptă în vid, pe de altă parte. Sub acest raport, doctrina atomistă a lui Leucip şi Democrit apare ca o etapă nouă, mai profundă, a cunoaşterii dialecticii naturii, decît erau doctrinele premergătoare. Desigur, bunăoară, Heraclit, care a trăit înaintea lui Democrit, este considerat, pe bună dreptate, ca unul dintre întemeietorii dialecticii, deoarece el este primul care vorbeşte despre opuşi şi despre lupta lor ca principiu a tot ce există. Dar dialectica sa este încă prea abstractă, iar teoria sa asupra opuşilor are un caracter general. Înşişi opuşii sînt exprimaţi la Heraclit mai curînd în imagini decît în noţiuni: nemuritorul şi muritorul, viul şi neviul, caldul şi recele etc. Atomiştii

Scanned with OKEN Scanner

pătrund mai adînc decît Heraclit dialectica obiectivă a naturii. Opușii dezvăluiți de atomiști apar nu numai ca opuși mai profunzi, ci și mai concreți, cum sînt opoziția dintre plin și vid, cea dintre conservarea atomilor și mișcarea lor neîntreruptă în spațiul vid.

Uneori se afirmă că, în comparație cu doctrina lui Heraclit, doctrina atomistă a anticilor prezintă trăsăturile unei concepții metafizice, mecaniciste[11]. Această afirmație este în dezacord cu istoria efectivă a cunoașterii legilor naturii. Această afirmație nu ține seama de faptul că gradul de pătrundere în dialectica naturii este relativ. În fiecare doctrină din domeniul studiului naturii care se dezvoltă progresiv în istorie, putem observa trăsături metafizice, dacă o comparăm cu o etapă ulterioară mai înaltă a cunoașterii. Însă în raport cu o etapă precedentă, această doctrină apare neapărat ca fiind o cunoaștere mai profundă a naturii. Desigur, întotdeauna sînt posibile reveniri la idei vechi, repetări ale unor erori sau rătăciri din trecut. Dar astfel de reveniri nu fac să progreseze cunoașterea, nu servesc ca izvor al progresului științific ulterior. Deși Heraclit vorbește despre opuși, el își concentrează atenția numai asupra unei laturi a unității contradictorii inseparabile a naturii, variabilitatea ei. Depășind concepțiile eleaților. Democrit creează doctrina atomistă în care imuabilul și variabilul apar într-o indisolubilă unitate. Democrit pătrunde dialectica naturii mai adînc decît Heraclit și decît eleații. Și dacă relevăm laturile metafizice ale doctrinei lui Democrit, aceste laturi apar în mod firesc astfel numai în raport cu o etapă de mai tîrziu a cunoașterii. Aici ne interesează cu precădere o latură a unității contradictorii a naturii, pe care atomismul grecesc a surprins-o cu profunzime: proprietatea materiei și a mișcării de a se conserva. Descoperirea acestei laturi constituie o etapă importantă în cunoașterea legilor naturii. Școlile filozofice care au precedat atomismul vorbesc despre necesitate, despre conexiuni cauzale. Dar această doctrină a necesității și a cauzalității este încă prea abstractă pentru a explica oarecum concret

---

[11] Vezi, de exemplu, la A. O. Makovelski: „În opoziție cu concepția dialectică heracliteeană a Universului, conform căreia un principiu unic, transformîndu-se constant, produce regulat întreaga varietate a ceea ce există, concepția mecanicistă a atomiștilor asupra Universului presupune o infinitate de principii materiale ale formelor infinit de varietate, care, prin diverse combinări și despărțiri, generează întreaga varietate a fenomenelor". (A. O. Makovelski, *Drevnegreceskie atomisti*, p. 63).

Scanned with OKEN Scanner

natura prin legile ei intime. Aceasta a devenit posibil abia o dată cu apariţia atomismului. Doctrina atomistă, la baza căreia stă ideea conservării materiei, a servit ca punct de plecare pentru mai multe ramuri ale cunoaşterii ştiinţifice, care au deschis calea spre cercetarea conexiunilor cauzale ale naturii, sub aspectul „mecanismului" lor interior. Naşterea atomisticii poate fi considerată drept început al studiului teoretic al naturii. Desigur, au mai trecut multe secole pînă cînd atomistica şi-a desfăşurat posibilităţile de explicare cauzală a naturii, implicate în ea. După cum a arătat istoria ştiinţei, aceste posibilităţi sînt inepuizabile, deoarece atomistica a sesizat una dintre trăsăturile cele mai profunde ale materiei şi ale proprietăţilor ei. Fizica cuantică din zilele noastre a extins atomismul asupra mişcării materiei, emiţînd şi dezvoltînd ideea caracterului discret al transformărilor energetice. În ultimul timp, în fizica actuală, principiile atomismului încep să fie aplicate într-o formă specifică nu numai materiei şi mişcării, ci şi spaţiului şi timpului[12].

Dacă vorbim numai despre perioada clasică a dezvoltării ştiinţei, putem spune că doctrina atomistă a fost aplicată fecund în diverse domenii ale cercetării naturii: în studiul mişcării mecanice şi în cunoaşterea fenomenelor fizice, în cercetarea proceselor termice şi în înţelegerea electromagnetismului. În toate aceste capitole ale studiului naturii joacă un rol important principiul fundamental, iniţial al atomisticii clasice: discontinuitatea materiei şi indestructibilitatea, conservarea formelor ei structurale discrete, adică a atomilor şi a proprietăţilor lor fundamentale. Dezvoltîndu-se şi luînd forme noi, acest principiu îşi aduce roadele. Desigur, cîteodată, ideea conservării, cuprinsă profund în izvoarele şi în esenţa doctrinei atomiste, scapă din cîmpul vizual al oamenilor de ştiinţă, care cercetează cutare sau cutare lege a naturii. Dar cel care nu recurge în formă explicită la ideea conservării ajunge la anumite rezultate teoretice numai pentru că această idee funcţionează implicit, fiind profund latentă în premisele cercetării sale. Însă cele mai mari succese în studiul legilor naturii sînt neapărat legate de apelul făţiş la ideea conservării, într-o formă sau alta. Încă Democrit extrage din aceste idei rezultate de o valoare nepieritoare.

Pentru a explica teoretic neîntrerupta mişcare şi schimbare în lumea înconjurătoare, Leucip şi Democrit au fost nevoiţi,

---

[12] Vezi R. A. Aronov, *Despre ipoteza discontinuităţii spaţiului şi a timpului,* în „Probleme de filozofie", nr. 3, 1957.

Scanned with OKEN Scanner

după cum am văzut, să se adreseze laturii opuse a realității: să admită imuabilitatea, conservarea corpusculilor primari, adică atomii. După doctrina lor, atomii sînt indivizibili și indestructibili, ei se deplasează în vid. Dar vidul în sine nu poate exercita influență asupra atomilor. Și dacă un atom sau un grup de atomi se mișcă în spațiul vid, nu există nici un fel de motive, nici un fel de cauze pentru ca această mișcare să înceteze. Aristotel scrie despre atomiști: „Ei spun că mișcarea există datorită vidului. Căci ei denumesc mișcarea în spațiu: natură"[13]. Atomiștii se străduiesc să înțeleagă natura așa cum este ea, fără nici un fel de adăugiri. Natura trebuie înțeleasă din ea însăși. Orice fenomen al naturii trebuie să aibă un fundament, nu în afara naturii, ci într-un alt fenomen de asemenea natural. În această din urmă teză este exprimată semnificația primară și totodată profundă a principiului cauzalității. *„Nici un lucru* — spune Leucip — nu apare fără cauză, ci totul apare dintr-un anumit motiv și în virtutea necesității"[14]. Democrit se călăuzește după această idee a cauzalității, atunci cînd deduce, din conservarea și din eternitatea atomilor, conservarea și eternitatea mișcării lor. „Mișcarea atomilor — afirmă Democrit — trebuie concepută ca neavînd început și existînd veșnic"[15].

Ideea indestructibilității mișcării este exprimată la Democrit, bineînțeles, într-o formă mărginită: este vorba despre deplasarea atomilor în spațiul vid. Dar și această formă ne permite să întrevedem aici o anticipare a uneia dintre legile speciale ale mecanicii clasice. „În vid . . . — scrie Democrit — este imposibil să arătăm de ce un corp în mișcare se va opri vreodată. În adevăr, *de ce să se oprească el mai curînd într-un loc decît în altul.* Așadar, el ori va fi imobil, ori se va mișca infinit, pînă cînd va fi împiedicat de ceva mai puternic"[16].

Putem spune astfel că ideea conservării atomilor, împreună cu ideea determinării cauzale a tuturor fenomenelor naturii, se dovedește fructuoasă încă în atomistica antică. Aici ne aflăm la începuturile cunoașterii conexiunii obiective indisolubile dintre conservarea materiei în mișcare și cauzalitatea universală din natură. Inițial, această legătură dintre conser-

---

[13] Aristotel, *Fizica,* Sotekghiz, 1937, p. 203.
[14] A. O. Makovelski, *op. cit.,* p. 229.
[15] *Ibidem,* p. 233.
[16] Citat după S. I. Lurie, *Ocerki po istorii anticinoi nauki,* Izd-vo AN SSSR, 1947, p. 200.

Scanned with OKEN Scanner

varea atomilor şi cauzalitate a permis, cum am văzut, să se ajungă la ideea indestructibilităţii şi a increabilităţii mişcării atomilor, iar apoi, la intuirea unei legi mai speciale a mişcării: legea inerţiei.

2. Principiul inerţiei — prima lege de conservare a mişcării cunoscută în istorie

Principiul inerţiei, al cărui conţinut este legat direct de principiile fundamentale ale atomisticii clasice, a servit ca un jalon important în cunoaşterea mişcării mecanice. Ulterior, acest principiu, redescoperit de Galilei, a devenit punctul de plecare pentru dezvoltarea întregului sistem al mecanicii. Descoperirea principiului inerţiei a însemnat descoperirea uneia dintre legile de conservare a mişcării. În esenţă, principiul inerţiei este legea conservării mişcării în forma ei mecanică. Mişcarea mecanică, ca şi toate celelalte forme de mişcare, este inseparabilă de latura opusă oricărei mişcări: conservabilitatea ei. În mişcarea mecanică, această latură opusă este inerţia. Proprietatea de inerţie, inerentă tuturor obiectelor materiale, este proprietatea de a conserva mişcarea existentă şi de a o modifica într-un interval de timp finit. În principiul inerţiei, conservarea mişcării şi modificarea ei sînt surprinse într-o indisolubilă unitate contradictorie. Principiul inerţiei poate fi interpretat şi într-un sens generalizat, aplicîndu-l tuturor formelor de mişcare a materiei cunoscute în prezent. În acest caz, noţiunea de inerţie capătă o semnificaţie mai largă, ceea ce ne va impune să introducem noţiunea de forme specifice de manifestare a proprietăţilor inerţiale, care vor reflecta conservarea formelor specifice ale mişcării materiei. Fizica modernă, care consideră masa drept măsură a inerţiei gravitaţiei, ne dă temeiul să vorbim despre mase calitativ diferite, şi ne determină deci să căutăm specificul calitativ al proprietăţilor inerţiale. Deocamdată însă, ne vom mărgini sarcina numai la problemele mecanicii clasice şi vom vorbi despre inerţie ca proprietate a corpurilor de a conserva mişcarea rectilinie şi uniformă pe care au căpătat-o şi de a o schimba sub acţiunea unei forţe exterioare, într-un interval de timp finit.

În mecanica clasică, aşa cum ne-a lăsat-o Newton, proprietatea de inerţie nu capătă o interpretare corectă. Clark, discipol şi adept al lui Newton, scrie că „forţa activă . . . se micşorează

Scanned with OKEN Scanner

natural şi continuu în lumea materială“[17]. El considera că aceasta este o consecinţă elementară a tezei evidente, pentru el, că materia este ca atare inactivă şi inertă. Prin urmare, el considera inerţia ca apatie a materiei, ca incapacitate a materiei de a se mişca. Această interpretare a inerţiei este caracteristică şi pentru întreaga dezvoltare ulterioară a fizicii, pînă în secolul al XX-lea. O mai putem întîlni, ca rămăşiţă a ideilor trecutului, şi în unele lucrări contemporane de mecanică. Trebuie să facem însă distincţie între semnificaţia reală a noţiunii de inerţie şi interpretarea ei istoriceşte limitată, care contrazice, în esenţă, această semnificaţie. Tratarea de care ne ocupăm a extras în mod unilateral numai un aspect al materiei în mişcare: imuabilitatea, conservabilitatea materiei şi a proprietăţilor ei fundamentale. Totodată, ea a ignorat celălalt aspect, legat organic de primul: transformarea materiei şi a proprietăţilor ei. Gîndirea metafizică, specifică pentru acea epocă, nu era în stare să-şi dea seama de dialectica profundă a materiei, cuprinsă în legile mecanicii. Ruptă de transformarea materiei, conservarea ei apărea, în mod firesc, ca proprietate a materiei de a fi inertă, ca incapacitate de a se mişca. Or, adevărata semnificaţie a proprietăţii de inerţie poate fi dezvăluită numai recurgînd la unitatea contradictorie a naturii: conservarea este inseparabilă de schimbare, de transformare. Mişcarea este de neconceput fără proprietatea de inerţie. Dispariţia inerţiei ar conduce la dispariţia mişcării, deoarece proprietatea de inerţie nu înseamnă decît conservarea, indestructibilitatea materiei. Un corp care se mişcă în virtutea inerţiei nu are nevoie, pentru a-şi conserva mişcarea, de un izvor exterior al acestei mişcări. Mişcarea unui corp în virtutea inerţiei este cea mai simplă imagine a automişcării materiei. Semnificaţia profundă a proprietăţii de inerţie nu constă deci în incapacitatea materiei de a se mişca, ci în proprietatea ei diametral opusă: activitatea ei intimă, automişcarea ei, faptul că în mişcarea inerţială corpurile materiale nu au nevoie pentru mişcarea lor de o cauză exterioară a mişcării.

În ce constă cauza mişcării, de ce au loc cutare sau cutare schimbări în materie? Punînd problema în această formă generală, căpătăm şi răspunsul general corespunzător: cauza tuturor schimbărilor se află în materia însăşi şi constă în interacţiune, în lupta contrariilor, care sînt proprii fiecărui

---

[17] Vezi *The Leibniz — Clark Correspondence*, 1956, p. 112, Edited with an Introduction and Notes by G. Alexander.

Scanned with OKEN Scanner

lucru, fiecărui fenomen. Desigur, putem întreba care este cauza mişcării inerţiale, adică a mişcării unui corp în virtutea inerţiei. Cauza acestei mişcări se găseşte în adîncul esenţei însăşi a materiei, în contradicţiile ei profunde. Este posibil ca această mişcare să fie legată de contradicţia dintre continuu şi discret, care este una dintre cele mai generale şi mai profunde contradicţii ale mişcării materiei. Aici este important pentru noi să subliniem doar că, la baza ei, legea inerţiei este un caz concret al automişcării materiei, şi numai descoperirea acestei legi, care reflectă esenţa profundă a mişcării, a dat posibilitatea de a se descoperi sistemul de legi al unui caz special de mişcare a materiei: mişcarea mecanică.

În reprezentările pregalileiene asupra mişcării se considera că orice mişcare îşi are cauza într-un impuls exterior. Făcea impresia că experienţa nemijlocită ar atesta că, pentru a pune un corp în mişcare şi pentru a întreţine mişcarea rectilinie şi uniformă, era nevoie exclusiv de cauze exterioare. A fost nevoie de o forţă de abstracţie considerabilă, pentru a ajunge la ideea *cauzelor interioare* ale mişcării, la ideea automişcării, cel puţin în cazul special al mişcării rectilinii şi uniforme. Abia descoperirea acestui fundament adînc al mişcării a permis să fie construit sistemul legilor mişcării mecanice, care au dezvăluit concret relaţiile cauzale *exterioare*. Conexiunile cauzale interioare şi cele exterioare sînt inseparabile. Această legătură indisolubilă a relaţiilor cauzale exterioare şi interioare îşi găseşte oglindirea în cunoaşterea legilor mişcării mecanice. *Fără legea inerţiei, care reflectă cauzele interioare profunde ale mişcării, ar fi fost imposibil să cunoaştem relaţiile cauzale exterioare ale corpurilor în mişcare.*

Înainte de a arăta în ce fel anume a condus descoperirea legii inerţiei la descoperirea conexiunilor cauzale mecanice, vom atrage atentia asupra rolului deosebit al legii inerţiei în mecanică. Există părerea că legea inerţiei nu ar fi o lege de sine stătătoare a mecanicii, ci ar fi doar o consecinţă a principiului al doilea al lui Newton, care este principiul fundamental al dinamicii sale. Acest punct de vedere a fost exprimat cel mai clar de E. Mach în *Mecanica* sa. „Se observă uşor — scrie el — că legea inerţiei nu este nicidecum vreo lege aparte, ci intră ca parte componentă în concepţia lui Galilei că toate condiţiile (forţele) care determină mişcarea creează *acceleraţii*. Şi în adevăr, o dată ce forţa nu determină nici poziţia şi nici viteza, ci acceleraţia, adică *variaţia* vitezei, este de la sine înţeles că acolo unde nu există forţă, nu există

Scanned with OKEN Scanner

nici variaţie a vitezei. Şi nu este nici o nevoie ca aceasta să capete o exprimare proprie. A reprezenta inerţia ca ceva de la sine înţeles, sau a o deduce din principiul general: «acţiunea unei anumite cauze se conservă» este în orice caz cu totul greşit"[18].

Acest punct de vedere al lui E. Mach este rezultatul formalizării legilor mecanicii, rezultatul ignorării semnificaţiei fizice adînci a acestor legi. La Mach, acest punct de vedere era o consecinţă firească a principiilor sale gnoseologice, potrivit cărora legile ştiinţei nu sînt decît un procedeu pentru sistematizarea experienţei, iar sistemul legilor mecanicii va fi construit mai „economic", dacă vom elimina din el legea inerţiei. Uneori, acest punct de vedere este prezentat ca rezultat al unei interpretări mai exacte a legilor mecanicii, care subliniază necesitatea rigurozităţii matematice în fundamentarea acestor legi. Se consideră că Newton greşea văzînd în legea inerţiei o lege deosebită a mecanicii: se susţine că el ar fi fost pur şi simplu incapabil să dezvăluie legătura adevărată dintre primul şi al doilea principiu. Din punctul de vedere al acestei interpretări pur matematice a legilor mecanicii, legătura dintre cele două legi este foarte simplă. Să luăm principiul al doilea al lui Newton: $F = ma$ — forţa este proporţională cu masa şi cu acceleraţia corpului în mişcare. Dacă asupra corpului nu acţionează nici un fel de forţe, putem considera că $F = 0$, însă conform scrierii matematice a principiului ($F = ma$), acceleraţia este şi ea nulă, deoarece masa corpului este o mărime constantă şi diferită de zero. De aici rezultă nemijlocit că, în lipsa unor forţe, corpul nu suferă acceleraţii, adică îşi conservă viteza, ceea ce este posibil numai în starea de repaus sau de mişcare rectilinie şi uniformă. Reiese că primul principiu al mecanicii nu ar fi decît un caz particular al celui de-al doilea, şi deci nu avem nici o nevoie de a enunţa legea inerţiei ca lege deosebită a mişcării mecanice[19].

---

[18] E. Mach, *Mecanca*, SPb, 1909, p. 117.

[19] Vezi, de exemplu, la S. E. Haikin: „Primul principiu este în întregime conţinut în al doilea, al cărui caz particular este. In adevăr, dacă forţa care acţionează asupra corpului ese nulă, atunci, conform celui de-al doilea principiu al lui Newton, este nulă şi acceleraţia, adică corpul se poate afla în stare de repaus sau să se miste uniform şi rectiliniu. Or aceasta epuizează conţinutul primului principiu al lui Newton". (S. E. Haikin, *Mehanika*, Gostehizdat, 1948, p. 86). Formulări asemănătoare se pot întîlni şi în literatura de peste hotare, de exemplu la J. W. Winahs, *General Statements of Newton's Laws*, în „Amer. J. Phys.", 23, nr. 5, 1955.

Scanned with OKEN Scanner

Dar dacă legea inerţiei nu este decît un caz particular al celui de-al doilea principiu al mecanicii, afirmaţia noastră despre rolul deosebit al legii inerţiei în descoperirea legilor mişcării mecanice îşi pierde sensul. Însă aparenta deducere a primului principiu al mecanicii din al doilea se întemeiază pe o confuzie. În primul rînd, însuşi Newton a separat, în *Principii*, legea inerţiei ca principiu deosebit al mecanicii. Dacă primul principiu al mecanicii este efectiv conţinut în al doilea ca un caz particular al acestuia, înseamnă că Newton a încălcat una din propriile sale „reguli ale raţionamentelor filozofice", separînd principiul inerţiei ca lege deosebită. Conform regulii la care ne referim pentru a explica fenomenele naturii nu trebuie să propunem alte principii decît cele suficiente pentru astfel de explicaţii. Este greu să ne închipuim că Newton, care a meditat profund mulţi ani asupra principiilor mecanicii, să nu fi observat această legătură simplă dintre primele două principii ale mecanicii şi să fi enunţat legea inerţiei ca principiu independent.

O analiză mai amănunţită a legăturii dintre aceste principii ne arată că nu exstă nici motive logice, nici matematice, nici fizice pentru a considera primul principiu al mecanicii drept consecinţă a celui de-al doilea[20].

De obicei, cînd se face o asemenea analiză, se ia enunţul simplificat al principiului al doilea: forţa care acţionează asupra corpului este proporţională cu masa corpului şi cu acceleraţia ($F = ma$). Pentru a deduce principiul întîi, se consideră forţa egală cu zero şi se trage concluzia că, în lipsa unor forţe, corpul nu este supus la acceleraţii. Însă în enunţul de mai sus al principiului al doilea este vorba numai despre cazurile cînd forţa *acţionează* asupra corpului, nu despre cazul cînd forţa este absentă. Se ştie că operarea cu zerourile cere precauţii, iar valoarea unei funcţii pentru argumentul egal cu zero cere adesea o analiză suplimentară. În cazul nostru, trebuie să găsim semnificaţia fizică a expresiei matematice $F = ma$ pentru $F = 0$. Pentru aceasta este nevoie, riguros vorbind, despre o analiză specială, deoarece se cunosc cazuri cînd o ecuaţie în astfel de situaţii îşi pierde semnificaţia fizică, de exemplu ecuaţia lui Clapeyron $PV = RT$ pentru $T = 0$, în cazul nostru, ecuaţia $F = ma$ are o semnificaţie fizică precisă pentru cazul argumentului nul, însă această semnificaţie

[20] Vezi N. F. Ovcinnikov şi A. I. Uemov, *Iavliaetsia li pervîi zakon Niutona sledstviem vtorogo*, în culegerea „Filosofskie voprosî estestvoznaniia", t. II, Izd-vo MGU, 1959.

Scanned with OKEN Scanner

nu poate nicidecum să fie o consecinţă exclusivă a formei matematice a legii. Această semnificaţie poate fi găsită numai prin analiza specială a acestui caz special, iar analiza ne conduce la primul principiu al mecanicii, la principiul inerţiei, care apare deci ca o lege independentă. Pe ce se bazează în cazul de faţă aparenta deducere a primului principiu al mecanicii din al doilea? Această aparentă deducere se datoreşte faptului că se presupune dinainte ceea ce abia trebuie demonstrat. În această deducţie aparentă se ia ca punct de plecare ideea că legea $F = ma$ se verifică în cazul special $F = 0$. Însă această verificare a legii în cazul special considerat este tocmai cea care trebuie dedusă din principiul al doilea, care trebuie demonstrat. Este clar că avem aici un cerc vicios în demonstraţie, deci demonstraţia este logic inconsistentă.

Dacă ne adresăm semnificaţiei fizice a principiului inerţiei trebuie să constatăm că el dezvăluie conexiunea esenţială dintre proprietatea de inerţie, inerentă tuturor corpurilor, şi mişcare. Proprietatea de inerţie aparţine corpului indiferent dacă asupra lui acţionează forţe sau dacă acţiunea lor este nulă. Această generalitate a proprietăţii de inerţie nu poate fi dedusă din cazul particular constînd din enunţul: „în lipsa unor forţe un corp nu este supus la acceleraţii". Acest din urmă enunţ este dedus din principiul al doilea. Însă acest enunţ nu este identic cu principiul inerţiei, deoarece primul principiu al mecanicii dezvăluie generalitatea proprietăţii de inerţie, indiferent de starea în care se află corpul. Această generalitate a proprietăţii de inerţie, care stă la baza primului principiu al mecanicii, nu poate fi dedusă din al doilea principiu. Această generalitate trebuie demonstrată printr-o analiză independentă.

Aşadar, legea inerţiei nu este doar o consecinţă a altor legi ale mecanicii; ea are o valoare de sine stătătoare. De aceea, trebuie să ţinem neapărat seama de formularea lui Engels: „Mecanica: porneşte de la inerţie..."[21]. Este cunoscut că, sub raport istoric, legea inerţiei precede sistemul dezvoltat al legilor mecanicii lui Newton. Dar principiul inerţiei serveşte ca punct de plecare pentru dezvoltarea sistemului legilor mişcării mecanice, nu numai în sens istoric. De principiul inerţiei este legată noţiunea de sistem inerţial. Nu numai mecanica clasică, ci şi mecanica teoriei relativităţii se bazează pe noţiunea de sistem inerţial, ca noţiune fundamentală, care

[21] F. Engels, *Dialectica naturii*, p. 1.

Scanned with OKEN Scanner

ne permite să enunţăm într-un mod invariant şi cu un anumit grad de generalitate legile mişcării mecance. Pentru a pune în evidenţă rolul principiului inerţiei în sistemul legilor mişcării mecanice trebuie să acordăm atenţie unor laturi ale noţiunii sistem inerţial.

3. Sistemul inerţial şi legile de conservare

Prin sistem inerţial se înţelege, de obicei, un sistem de corpuri şi de cîmpuri în care este satisfăcută legea inerţiei. O analiză mai detaliată ne arată însă că într-un astfel de sistem sînt verificate în mod necesar şi alte legi de conservare: pentru masă, cantitatea de mişcare, energia totală, momentul mecanic. Se constată că satisfacerea legilor de conservare este caracteristica cea mai importantă a unui sistem inerţial. Un sistem în care nu ar fi satisfăcută una dintre legile de conservare enumerate mai sus, nu ar mai fi un sistem inerţial. Iată de ce putem da o definiţie mai largă noţiunii de sistem inerţial. Prin sistem inerţial trebuie să înţelegem un sistem de corpuri şi cîmpuri materiale în care sînt verificate toate legile de conservare cunoscute în fizică, inclusiv legea inerţiei, care este şi ea o lege de acest fel.

Conservarea mărimilor fizice, dacă facem abstracţie de momentul transformării, de legătura cu alte sisteme, are loc numai într-un sistem de corpuri şi de cîmpuri care este izolat. Orice sistem real de corpuri şi de cîmpuri este în legătură cu alte sisteme şi această legătură determină în fapt neconservarea unei proprietăţi sau a alteia în respectivul sistem. Satisfacerea oricărei legi de conservare, în calitatea ei de lege centrală, inclusiv satisfacerea legii inerţiei, este asigurată de legătura sistemului considerat cu un alt sistem. Dacă nu vom acorda atenţie acestei legături, atunci, în mod firesc, vom observa o încălcare aparentă a legii de conservare în sistemul considerat. Sistemul de corpuri şi de cîmpuri care formează Pămîntul nostru este inerţial numai pînă la un anumit grad, deoarece conexiunile sale cu celelalte planete ale sistemului solar şi cu Soarele, în procesul mişcării lor conduc, între altele, la fenomene care se prezintă în sistemul considerat ca o dovadă a încălcării legii inerţiei. Corpurile care se mişcă pe Pămînt, în absenţa acţiunii unor forţe, nu-şi păstrează caracterul de mişcare uniformă şi rectilinie, ci se abat de la această mişcare, între

Scanned with OKEN Scanner

altele, sub acţiunea forţei Coriolis, determinată de rotaţia Pămîntului. Dacă vom încerca să privim Pămîntul ca pe un sistem inerţial, vom putea pune în evidenţă şi neconservarea altor proprietăţi supuse unor legi de conservare. De exemplu, este cunoscut că bilanţul energetic al Pămîntului nu este constant. Prin urmare, Pămîntul nu poate fi considerat ca un sistem inerţial ideal. Noţiunea de sistem inerţial ideal sau perfect este o abstracţie, obţinută din analiza unor sisteme reale.

Nu am putea oare, în acest caz, să vorbim despre verificarea legilor de conservare în cutare sau cutare sistem real ? Răspunsul la această întrebare trebuie căutat într-o înţelegere mai profundă a legilor de conservare. Am putea considera că legile de conservare sînt respectate riguros, dacă ţinem seama de posibilitatea simplei extinderi a unui sistem de obiecte date. Legile de conservare nu sînt îndeplinite riguros pe Pămînt, dar ele sînt respectate mai exact pentru ansamblul sistemului solar. Dar şi aici ele sînt respectate mai exact, însă nu cu absolută exactitate. Acest proces de simplă extindere a sistemului cu scopul de a obţine o realizare cît mai exactă a legilor de conservare ne va conduce la infinit. Pentru a ajunge să vedem respectarea riguroasă a legilor de conservare în natură, trebuie să acordăm atenţie nu numai interdependenţei unor sisteme de aceeaşi calitate, ci şi relaţiilor dintre sisteme de calitate diferită şi transformărilor lor reciproce.

Legile de conservare echivalează cu conservarea proprietăţilor generale, inerente tuturor obiectelor diferite calitativ. De exemplu, cantitatea de mişcare este inerentă nu numai corpurilor macroscopice, ci şi microparticulelor şi diverselor cîmpuri. Acelaşi lucru se poate spune şi despre alte mărimi care se supun legilor de conservare : masa, energia etc. Totodată, nu trebuie să credem că proprietăţile generale, comune, ar fi ceva absolut omogen, nediferenţiat ca atare. Nu avem voie să considerăm că generalul este numai general, că este un fel de văl indiferent care acoperă toate obiectele eterogene şi care rămîne impasibil faţă de particularităţile lor calitative. Dialectica generalului şi a specificului constă tocmai în aceea că generalul nu este numai general, ci, într-un fel sau altul, el este totodată şi specific, iar specificul este totodată, într-un fel sau altul, şi general. Proprietăţile generale care se supun legilor de conservare suferă schimbări calitative în cazul transformărilor calitative ale obiectelor materiale, care sînt purtătoarele acestui general. Căci înseşi

Scanned with OKEN Scanner

obiectele nu există în afara acestor proprietăţi generale, iar transformarea calitativă a obiectelor este de neconceput fără o schimbare calitativă a proprietăţilor lor fundamentale. Ce ar mai putea servi ca indiciu pentru transformarea calitativă a unui obiect, dacă proprietăţile sale *fundamentale* ar rămîne indiferente faţă de această transformare? Conservarea proprietăţilor fundamentale este inseparabilă de transformările lor calitative.

Dacă vom concepe legile de conservare pentru proprietăţile fundamentale numai ca legi ale *conservării* lor, făcînd abstracţie de *transformările*, de *schimbările* acestor proprietăţi, atunci vom ajunge la concluzia greşită că aceste legi se realizează cu aproximaţie. În fapt, legile de conservare sînt respectate în natură pe deplin riguros, nu aproximativ, dacă ţinem seama nu numai de conservarea mărimilor corespunzătoare, ci şi de transformarea lor. Dacă într-un sistem de corpuri real şi concret are loc, să zicem, neconservarea energiei cinetice, de exemplu în cazul unei ciocniri neelastice, atunci o cercetare mai amănunţită a conexiunilor şi a interacţiunilor reale cu alte sisteme calitativ diferite ne va arăta că partea din energia sistemului care nu s-a conservat în sistemul dat va fi descoperită într-un alt sistem calitativ specific. Pentru a putea constata respectarea riguroasă a legilor de conservare, trebuie să extindem sistemul iniţial, înglobînd în el şi cîmpurile, ca forme calitativ specifice ale materiei, în care descoperim efectiv partea deficitară a mărimilor conservate din sistemul iniţial. Deosebirea calitativă dintre sisteme îşi pune amprenta şi pe aceste mărimi.

Posibilitatea respectării legilor de conservare este asigurată deci de indisolubila unitate dintre conservare şi transformare. Putem face abstracţie de transformările obiectelor materiale şi de schimbările corespunzătoare ale proprietăţilor lor. În acest caz, o condiţie esenţială pentru realizarea legilor de conservare va fi izolarea strictă a sistemului nostru. În cazurile cînd se constată o aparentă încălcare a unei anumite legi de conservare, deşi sistemul este izolat parţial, trebuie să facem apel la ideea transformării calitative a obiectelor materiale şi a proprietăţilor lor şi, revenind la conservare, să o înţelegem într-o accepţie mai largă şi mai riguroasă.

Legile de conservare acţionează nu numai într-un sistem izolat, ci şi în orice sistem real de corpuri şi de cîm-

Scanned with OKEN Scanner

puri. Realizarea lor este confirmată de relaţiile reale ale acestui sistem cu alte sisteme. Numai luarea în considerare a conexiunilor sistemului dat cu alte sisteme, numai analiza proceselor de transformare a materiei şi a proprietăţilor ei ne dau dreptul să vorbim despre caracterul universal al legilor de conservare.

Conservarea şi transformarea, ca laturi contradictorii ale materiei, pot fi cunoscute, bineînţeles, numai prin „dedublarea unicului", prin desprinderea iniţială în cunoaştere a uneia dintre laturile acestei unităţi contradictorii. Noţiunea de sistem inerţial perfect, în care, cum obişnuim să spunem, dată fiind izolarea sa riguroasă de alte sisteme, se conservă riguros toate mărimile supuse unor legi de conservare, este o abstracţie. În această abstracţie este sesizată o latură a unităţii contradictorii : conservarea. Cu cît sînt respectate mai exact legile de conservare într-un sistem izolat, cu atît legile mişcării mecanice sînt mai generale. Într-un sistem neinerţial, să zicem într-un avion care zboară accelerat, legile mecanicii funcţionează într-un mod specific. În general, am putea enunţa legi speciale ale mişcării mecanice, valabile în cadrul sistemului considerat, în exemplul nostru într-un avion care se mişcă accelerat. Aceste legi nu ar fi însă în vigoare pentru alte sisteme.

Căutarea unui sistem care să fie cel mai inerţial înseamnă deci căutarea unui sistem în care legile mişcării mecanice să aibă caracterul cel mai general. Această din urmă exigenţă este o condiţie care i se pune oricărei teorii ştiinţifice. Noţiunea de sistem inerţial este fundamentală pentru construirea teoriei mişcării mecanice, ale cărei legi ar fi adevărate legi ale naturii, adică ar prezenta trăsături de *generalitate şi de necesitate. Generalitatea şi necesitatea legilor mişcării mecanice apar deci ca o consecinţă a generalităţii şi necesităţii legilor de conservare care sînt respectate riguros în sistemul inerţial.* Sarcina de a găsi un sistem în raport cu care legile mişcării mecanice să aibă caracterul cel mai general şi mai necesar era clară încă pentru Newton. El a rezolvat-o, admiţînd spaţiul absolut, care „considerat în natura sa, fără nici o relaţie cu ceva extern, rămîne totdeauna asemenea şi imobil"[22]. Legea inerţiei este respectată riguros numai în cazul cînd un corp se mişcă uniform şi rectiliniu în raport cu spaţiul absolut. Sistemul legat solidar de spaţiul absolut a constituit

[22] Isaac Newton, *Principiile matematice ale filozofiei naturale*, Editura Academeiei R.P.R., Bucureşti, 1956, p. 31.

Scanned with OKEN Scanner

tocmai sistemul inerţial perfect. Newton nu avea altă cale pentru a asigura îndeplinirea exactă a legii inerţiei, şi totodată a tuturor celorlalte legi mecanice, deoarece conservarea materiei şi a mişcării era concepută atunci în sens absolut, ruptă metafizic de transformare. Legea inerţiei, ca lege de conservare a mişcării uniforme şi rectilinii, poate fi înţeleasă raţional, în acest caz, numai admiţînd spaţiul absolut în raport cu care s-ar produce această mişcare.

Teoria relativităţii a respins ideea spaţiului absolut şi a timpului absolut. Noţiunea de sistem inerţial apare acum ca fiind abstrasă de la sistemele reale, mai mult sau mai puţin inerţiale. Tocmai această abstragere a sistemului inerţial serveşte ca punct de plecare pentru dezvoltarea întregului sistem de legi ale mişcării mecanice. Acest fapt determină însuşi caracterul legilor mecanicii, indiferent dacă este vorba despre legile mecanicii clasice sau despre mecanica teoriei relativităţii. Este cunoscut că legile mişcării mecanice nu au caracterul universal care le era atribuit de concepţia mecanicistă asupra lumii. Înseşi legile mecanicii sînt o abstracţie care reflectă doar o latură anumită, proprie tuturor formelor de mişcare a materiei. Teoria relativităţii susţine invarianţa, independenţa faţă de mişcarea rectilinie şi uniformă a corpurilor, nu numai pentru legile mecanicii, ci şi pentru legile electrodinamicii. De aceea, putem trage concluzia că într-un sistem inerţial sînt satisfăcute nu numai legile de conservare proprii mişcării mecanice (masa, cantitatea de mişcare, momentul mecanic), ci şi legile de conservare inerente proceselor electromagnetice (masa electromagnetică, impulsul electromagnetic, sarcina etc.). Rezumînd cele arătate pînă acum despre legea inerţiei, putem considera ca demonstrat faptul că această lege este independentă, de sine stătătoare în raport cu legile mecanicii. Legea inerţiei, în calitatea ei de lege de conservare, stă la baza construirii întregului sistem de legi ale mişcării mecanice.

4. Legile de conservare şi conexiunile cauzale mecanice

În enunţul conexiunilor cauzale mecanice ocupă un loc important noţiunea de forţă, considerată ca fiind cauza schimbării de stare. Noţiunea de forţă este nemijlocit legată de principiul inerţiei. Un corp care se mişcă în virtutea inerţiei îşi conservă mişcarea, însă cauza acestei mişcări inerţiale este profund latentă. De aceea, se susţine adeseori că nu are sens să vorbim despre cauzele mişcării în virtutea inerţiei. Inerţia

Scanned with OKEN Scanner

„este considerată ca o tendinţă înnăscută şi opusă forţei, care este *cauza* activă“[23]. Mişcarea inerţială apare, în această interpretare, ca o mişcare fără cauze. În realitate însă, forţa, în calitatea ei de cauză a schimbării stării de mişcare în virtutea inerţiei, poate fi considerată numai drept cauză *exterioară*. Ea poate apărea numai în prezenţa unor cauze interioare, profunde, a căror acţiune se manifestă în mişcarea inerţială. Dacă un corp se mişcă fără acţiuni din exterior, atunci mişcarea sa se realizează în virtutea inerţiei, adică în urma *conservării* mişcării uniforme şi rectilinii. În acest caz nu există nici un fel de forţe în accepţia mecanică a cuvîntului. De îndată însă ce corpul care se mişcă în virtutea inerţiei intră în interacţiune cu un alt corp, se produce o schimbare în starea de mişcare inerţială. Cauzele interioare care determină mişcarea în virtutea inerţiei interacţionează cu cauzele exterioare. Aceste interacţiuni exterioare pot fi de natură diferită ; ca exemplu putem indica interacţiunea dintre diverse cîmpuri. Mecanica face abstracţie de natura specifică a interacţiunii şi ţine seama în mod abstract numai de laturile lor generale. Una dintre aceste laturi o constituie, în particular, schimbările spaţiale ale corpurilor în interacţiune. Forţa caracterizează intensitatea şi sensul interacţiunii. Ca măsură a interacţiunii, forţa este legată de variaţiile spaţiale ale sistemului de corpuri în interacţiune, cu alte cuvinte, de modificările din configuraţia sistemului. Această legătură ne permite să exprimăm cantitativ mărimea forţei în funcţie de schimbarea configuraţiei. Natura mai profundă a forţei constă însă în existenţa inerţiei la toate obiectele în interacţiune. Dacă în interacţiune corpurile n-ar avea inerţie, nu ar fi nevoie de nici un fel de forţe pentru schimbarea stării lor de mişcare. Apariţia forţelor este legată de prezenţa reacţiunii inerţiale, care apare ori de cîte ori corpul intră în interacţiune cu un alt corp sau cu alte corpuri. În lipsa inerţiei, schimbările din starea de mişcare a corpului s-ar produce instantaneu, ceea ce este imposibil, dat fiind caracterul temporal al tuturor proceselor naturii. Existenţa inerţiei ca proprietate a tuturor obiectelor materiale de a-şi conserva forma de mişcare pe care o posedă determină tocmai caracterul temporal — şi nu instantaneu — al schimbării de stare. Mărimea forţei este determinată de gradul reacţiunii. În cazul mişcării unui corp de masă M, acest grad al reacţiunii

[23] A. Eddington, *Spaţiu, timp, gravitaţie*, Odesa, 1922, p. 138.

Scanned with OKEN Scanner

este determinat de mărimea masei corpului, ca măsură a inerției sale. Acest din urmă fapt își găsește oglindirea în formularea elementară a celui de-al doilea principiu al lui Newton în care forța este proporțională cu masa corpului. Așadar, noțiunea de forță este legată de legea inerției și într-un anumit sens, putem spune că latura calitativă a noțiunii de forță rezultă din acest principiu. Ca mărime fizică în care, la fel ca în orice altă mărime fizică, cantitatea și calitatea sînt unite, forța este nemijlocit legată de principiul al doilea al mecanicii. Conform acestei legi, mărimea forței este proporțională, după cum se știe, cu masa și cu accelerația corpului în mișcare ; forța este caracterizată nu numai prin valoarea ei numerică, ci și prin direcția și sensul în care acționează. Totodată, justificarea noțiunii de forță poate fi dată și fără cel de-al doilea principiu al mecanicii, iar în această justificare joacă un rol fundamental principiul inerției, în calitatea sa de lege de conservare.

Enunțul complet al celui de-al doilea principiu al mecanicii, dat chiar de Newton, este următorul : „Schimbarea cantității de mișcare este proporțională cu forța motoare aplicată și se produce în direcția dreptei după care acționează această forță". Aici, în această lege este introdusă o nouă mărime specială, anume cantitatea de mișcare, sau impulsul *(mv)*. Dacă noțiunea de forță, care figurează în principiul fundamental al mecanicii lui Newton se bazează, în justificarea ei, pe principiul inerției, care este prima lege de conservare a mișcării cunoscută în istorie, în schimb, cum ni se poate părea la prima vedere, noțiunea de impuls nu are nici o legătură cu ideea de conservare a mișcării. La o analiză mai atentă însă, constatăm că mărimea cantității de mișcare se supune unei legi de conservare proprii. Legea conservării impulsului, în forma ei mecanică, constituie conținutul celui de-al treilea principiu al mecanicii lui Newton. După cum știm, această lege se poate scrie : $m_1v_1=m_2v_2$.

Dacă analizăm acum cele trei principii fundamentale ale mecanicii, constatăm că primul și al treilea sînt legi de conservare specifice ale mișcării, care exprimă conservarea unor laturi anumite ale mișcării mecanice. Al doilea principiu al mecanicii conține mărimi subordonate direct legilor de conservare : cea pentru masa m și cea pentru impulsul mv. Mărimea forței din principiul al doilea capătă, cum am văzut, o fundamentare în primul principiu al mecanicii, adică este legată și ea de o lege de conservare. Prin urmare, putem

Scanned with OKEN Scanner

spune că sistemul principiilor fundamentale ale mecanicii este strîns legat de legile de conservare corespunzătoare : fără descoperirea acestor legi sistemul legilor mişcării mecanice nu ar fi putut să se dezvolte.

După ce au fost enunţate legile mecanicii, ideea explicării cauzale a naturii a căpătat o expresie concretă. Din acel moment, fenomenele naturii puteau fi înţelese pe baza unor teorii matematice riguroase. În orice caz de mişcare mecanică, avem de-a face atît cu mărimi care variază, cît şi cu mărimi care se conservă. Numai întregul ansamblu al acestor mărimi care se transformă şi care se conservă, unitatea lor concretă exprimată în legile mecanicii, ne oferă tabloul conexiunilor cauzale mecanice. Conservarea şi transformarea apar într-o indisolubilă unitate începînd chiar cu domeniul legilor mecanicii. Desigur, se observă uşor că, în principiu, toate mărimile caracterizînd mişcarea mecanică pot varia într-un sistem dat. Unei astfel de variaţii pot să-i fie supuse, de exemplu, viteza şi energia cinetică, coordonate, şi cantitatea de mişcare etc. Dar, în majoritatea cazurilor speciale de mişcare, oricare dintre aceste mărimi sau orice grup de mărimi poate să nu varieze, în timp ce un alt grup de mărimi variază. În cazul căderii corpurilor, acceleraţia, de exemplu, se poate menţine constantă, în timp ce energia potenţială variază. Dar chiar dacă trecem la cazul cel mai general al schimbării tuturor mărimilor ce caracterizează un sistem mecanic dat, constatăm şi în acest caz că un grup de mărimi variază, dacă putem spune astfel, în mod absolut, chiar dacă ţinem seama de relaţiile sistemului nostru cu alte sisteme, pe cînd un alt grup de mărimi se supune legilor generale de conservare.

Forţa exterioară, prin ea însăşi, nu poate conduce la un rezultat univoc în schimbarea unui sistem mecanic. Rezultatul acţiunii ei depinde esenţial, bunăoară, de masa sistemului şi de momentul inerţiei sistemului. Considerînd conexiunile cauzale, ne dăm seama că aici cauzele şi efectele sînt nu numai diferite, ci şi asemănătoare. Cauza se deosebeşte de efect, deoarece aceste două laturi ale conexiunii cauzale caracterizează stări diferite ale sistemului mecanic. Dar cauza şi efectul sînt una, întrucît trecerea cauzei în efect este controlată de principiul inerţiei, de legea conservării masei şi de legea conservării cantităţii de mişcare mecanică şi a momentului mecanic. La baza deosebirii dintre cauză şi efect, la baza transformărilor uneia în alta se află unitatea lor, exprimată prin conservarea proprietăţilor fundamentale ale sistemului

Scanned with OKEN Scanner

mecanic, care nu variază la trecerea dintr-o stare a sistemului mecanic în altă stare. Fără această conservare nu sînt posibile schimbări mecanice ale sistemului care să se supună principiului cauzalității.

S-ar putea crede că, de fapt, conexiunile cauzale se împart în două tipuri. Într-un caz de conexiuni cauzale, sistemul nu suferă transformări calitative, ci se produce doar o transmitere a mișcării de la un corp la altul, sau de la un sistem la altul. În celălalt caz, are loc o transformare calitativă a sistemului. În primul caz, am avea de-a face cu o conexiune cauzală pur mecanică. În al doilea caz am avea în față forme mai complicate ale acestor conexiuni. Dar o astfel de împărțire a conexiunilor cauzale, sau a lanțurilor cauzative, în două grupuri, sau în două tipuri mari, nu poate fi efectuată în mod consecvent.

Desigur, în mod abstract, putem să nu ținem seama de transformarea calitativă a sistemelor și, în acest caz, conexiunile cauzale vor apărea ca fiind exterioare corpurilor în interacțiune. Dar opunerea pur exterioară a cauzei și a efectului nu ne permite să punem în lumină legăturile lor mai profunde. În asemenea condiții, cauza și efectul apar doar ca evenimente care se succed în timp. Adagiul lui Hume: *post hoc ergo propter hoc* (după aceea, deci de aceea) este pe deplin aplicabil tocmai unei astfel de descrieri a conexiunilor cauzale. Relația evident cauzală cuprinde mecanismul procesului, cu luarea în considerare a relațiilor intime dintre sistemele în interacțiune. Dacă vom face abstracție de transformările calitative ale sistemului, vom putea ajunge la neconservarea unor proprietăți fundamentale ale materiei și ale mișcării, proprietăți care stau la baza acțiunii conexiunilor cauză-efect. Aceasta, la rîndul său înseamnă că răpim astfel lanțului cauzativ fundamentul său real și el se transformă într-o simplă succesiune de fenomene, a cărei stabilitate poate fi definită numai prin aceea că, pînă în prezent, am observat totdeauna un fenomen dat producîndu-se după un alt fenomen.

Am mai menționat faptul cunoscut din mecanică, anume că în cazul ciocnirilor neelastice se pierde o parte din energia cinetică a sistemului de corpuri în interacțiune. Această neconservare a energiei cinetice este un rezultat al neluării în considerare a posibilității transformării calitative a energiei. Dacă facem abstracție în genere de transformările calitative ale sistemelor de obiecte materiale și ale proprietăților lor, vom fi nevoiți să ajungem la concluzia că în natură nu au loc legi de conservare. Aceasta înseamnă că, de fapt, conexiunile

Scanned with OKEN Scanner

cauzale reale sînt sesizate în mecanică numai într-un mod exterior. O cercetare mai amănunţită a relaţiilor dintre cauză şi efect arată că la baza lor se află totdeauna procese de transformări calitative ale obiectelor materiale şi ale proprietăţilor lor esenţiale. Dacă avem de-a face cu conexiuni cauzale, atunci nu putem, în general, să desprindem printre ele un grup în care să nu se producă cutare sau cutare transformări calitative. Se poate spune că elementul cel mai important în relaţiile cauzale este transformarea unui lucru sau a unui fenomen într-un alt lucru sau fenomen, cu alte cuvinte, transformarea cauzei în efect. În afara transformărilor nici nu există schimbare. Chiar deplasările spaţiale ale corpurilor, pe care le studiază mecanica sînt inseparabile de profundele schimbări calitative care se produc în substanţă şi în cîmp.

Dar se pune întrebarea: oare dispare cauza atunci cînd se transformă în efect? În calitatea ei de cauză concretă anumită, ea dispare, dar în acelaşi timp, ea nu dispare în calitate de nouă cauză a unor schimbări ulterioare. Însăşi dialectica categoriilor de cauză şi efect ne arată că o cauză devine efect, iar efectul, la rîndul său, apare în rolul de cauză. Cauza este imposibil de eliminat din acest proces continuu al transformării cauzei în efect şi a efectului în cauză. Cauza nu poate să dispară integral, tocmai în virtutea caracterului universal al legii cauzalităţii. Cauza unui fenomen, transformîndu-se, se conservă totuşi în rezultatul ei. Dacă nu s-ar conserva cauza în procesele fizice, sau dacă ea s-ar conserva numai parţial în efect, atunci, pînă la urmă, conexiunea cauzală a lucrurilor ar înceta cu totul, ca rezultat al micşorărilor consecutive. Aceasta nu se întîmplă însă. În conexiunile cauzale ni se prezintă dialectica conservării şi a transformării. În afara acestei dialectici a conservării şi a transformării nici nu pot să existe relaţii între cauză şi efect, nu există nici unul dintre lanţurile cauzative. Sarcina ştiinţelor naturii, care studiază fenomenele naturale în relaţiile lor cauzale, constă tocmai în a dezvălui concret ce anume se schimbă şi ce se conservă în cutare sau cutare segment al lanţurilor cauzative din procesele naturale.

5. Legea conservării energiei şi principiul cauzalităţii

Legătura profundă dintre legea cauzalităţii şi legile de conservare a mai fost remarcată în istoria ştiinţei, deşi nu i s-a dat o formulare explicită ca principiu general. Ea s-a mani-

Scanned with OKEN Scanner

festat într-un mod specific în fiecare caz concret. Am mai văzut cum s-a manifestat această conexiune în procesul descoperirii principiului inerției.

Legătura dintre legea cauzalității și legile de conservare a servit, de asemenea, ca unul dintre fundamentele principiului conservării și transformării energiei în istoria descoperirii acestui principiu. Încă Leibniz se bazează pe legea cauzalității atunci cînd demonstrează că trebuie să adoptăm ca măsură a mișcării o mărime proporțională cu mv^2. Iată la ce se reduce mersul raționamentelor sale. Să ne imaginăm că unui corp de greutate P i se comunică o anumită viteză orientată în sus, ridicîndu-l în consecință, pînă la înălțimea H. Ținînd seama de aceasta, vom considera două cazuri: să admitem că inițial greutatea P este ridicată la o înălțime de 4 ori mai mare (4 H), iar apoi la înălțimea H este ridicată o greutate de patru ori mai mare (4 P). Se știe că în ambele cazuri (dacă vorbim în limbajul actual) avem aceeași mărime a lucrului mecanic. Dar se constată aici că, în primul caz, nu trebuie să-i comunicăm corpului o viteză cuadruplă în comparație cu al doilea caz, cum s-ar putea crede, ci una dublă. Pentru a explica acest fapt, Leibnitz atrage atenția că în natură nimic nu se produce fără o rațiune suficientă. Efectele egale trebuie să aibă cauze egale. Și dacă același efect (în cazul considerat, mărimea lucrului mecanic) a fost obținut, după cît se vede, pe căi diferite, înseamnă că, în esență, aici trebuie să acționeze aceeași cauză. În terminologia de atunci era vorba despre măsura adevărată a forțelor, adică despre elementul comun al conexiunilor cauzale care se conservă în esență, variind numai ca formă. În cazul în care ne-am ocupat, rolul acestui element comun revenea naturalmente mărimii mv^2 (dacă identificăm masa cu greutatea), deoarece tocmai această mărime avea în ambele cazuri aceeași valoare.

Legea cauzalității a fost argumentul filozofic decisiv care l-a condus pe Robert Mayer la descoperirea principiului conservării și transformării energiei. Analizînd istoricul descoperirii principiului conservării și transformării energiei, Max Planck atrage atenția asupra legăturii acestei legi cu principiul cauzalității și asupra importanței principiului cauzalității în descoperirea ei. „Rapiditatea și ușurința relativ mare — scrie Planck — cu care o lege de o însemnătate atît de uriașă, cum este legea conservării energiei, a devenit, după ce a depășit primele dificultăți, un bun al minților noastre, se explică nu numai prin numeroasele probe inductive, ci și, în mare parte, prin reprezentarea legată de conexiunea ei intimă

Scanned with OKEN Scanner

cu legea cauzei și a efectului"[24]. În adevăr, rămîne un fapt istoric că, după cum la Leibnitz punctul esențial în căutarea adevăratei „măsuri a forțelor" era legea cauzalității, tot astfel la Robert Mayer legea cauzalității constituie importantul principiu teoretic care servește drept dovadă pentru caracterul universal al principiului conservării și transformării energiei.

Uneori se poate citi sau auzi afirmația că legea conservării energiei ar fi o lege empirică și, ca atare, o simplă generalizare a unor fapte de experiență. Dacă lucrurile stau astfel, nimic nu ne garantează că nu s-ar putea descoperi fapte care să contrazică această lege. Se uită însă, într-un asemenea caz, că legile științei au, de regulă, un grad de generalitate diferită. Un sistem teoretic dezvoltat dintr-o anumită știință cuprinde totdeauna legi care nu pot fi considerate pur empirice. Acestea sînt legile sau principiile fundamentale, de bază, ale cutărei sau cutărei teorii. Aceste legi care, la fel cu toate legile științei, sînt generalizări ale experienței, au, totodată, o fundamentare în principiile teoretico-gnoseologice cele mai generale. Aceste legi nu se mărginesc doar să generalizeze un anumit ansamblu, întotdeauna limitat de fapte empirice, ci în ele se concentrează, totodată, oarecum întreaga experiență, de necuprins, a dezvoltării precedente a cunoașterii științifice. În principiu, fundamentarea unor astfel de legi nu poate fi limitată la simpla indicare a unei sfere cunoscute și întotdeauna limitate de fapte experimentale. Această fundamentare poate fi dată numai pe baza unității principiilor teoretice generale, filozofice și a factorilor empirici.

Iată de ce se poate spune că justificarea legii conservării energiei, pe care Robert Mayer a dat-o pe baza principiului cauzalității, reflectă o lege naturală a dezvoltării cunoașterii științifice. După ce a fost descoperită o lege din domeniul științelor naturii și după ce legea menționată mai sus a cunoașterii științifice a funcționat, aducîndu-și roadele, o putem da uitării, cum se întîmplă cîteodată. Nu avem însă voie să o ignorăm atunci cînd știința se lovește de fapte noi, care necesită noi generalizări teoretice. Am făcut apel la începuturile istoriei principiului conservării și transformării energiei nu pentru a o reaminti o dată în plus, ci pentru a trage învățăminte teoretice aplicabile la problemele noi ce stau în fața fizicii.

---

[24] Max Planck, *Principiul conservării energiei*, GONTI, 1938, p. 36, (ed. rusă).

Scanned with OKEN Scanner

Rober Mayer a raţionat cam în felul următor. Dacă vom considera „forţele naturii“ drept cauze eficiente, atunci li se aplică tot ce putem spune despre relaţia dintre cauză şi efect. „Forţele sînt cauze — spune Robert Meyer — deci li se poate aplica pe deplin axioma: *causa equat efectum* (cauza este egală cu efectul)“[25]. Orice fenomen al naturii este rezultatul unor transformări calitative. Transformîndu-se în efect, cauza dispare în calitatea ei de cauză. Putem spune că, cu acest prilej, are loc un oarecare consum de cauză. Efectul apare tocmai datorită acestui consum. Putem considera aceasta drept latură cantitativă a conexiunilor cauzale. Cantitatea şi calitatea sînt legate între ele nu numai static, ci şi în dezvoltare. Vechea calitate, transformîndu-se, duce în mod firesc şi la o schimbare corespunzătoare a cantităţii, deci noua calitate va avea, corespunzător, şi noi caracteristici calitative. Dar nu numai vechea calitate, pe de o parte, şi cea nouă, pe de alta, au caracteristici cantitative corespunzătoare, ci şi însuşi procesul transformării unei calităţi în alta are latura sa cantitativă. Şi această latură cantitativă a procesului este ceva ce se conservă în această transformare. Schimbările calitative caracterizează dezvoltarea. Dezvoltarea este imposibilă fără conservare, care este reprezentată prin latura cantitativă comună a procesului de dezvoltare. Sarcina ştiinţelor naturii constă în a căuta şi a găsi relaţiile cantitative dintre fenomene calitativ diferite ale naturii şi de a exprima aceste relaţii prin numere precise. „Numerele — scrie Robert Mayer — sînt fundamentele căutate ale ştiinţei exacte“[26]. În cazul de faţă, căutarea acestor numere sau a unor echivalenţi cantitativi este ceea ce l-a condus pînă la urmă pe Robert Meyer la descoperirea legii conservării şi transformării energiei. Întemeindu-se pe legea cauzalităţii, el caută latura cantitativă a relaţiilor cauzale şi o găseşte — exprimîndu-ne în limbaj modern — în echivalenţii energetici, în numerele constante care arată conservarea mişcării în cursul transformărilor ei calitative.

Să ne ocupăm acum de legătura dintre principiul cauzalităţii şi legea conservării şi transformării energiei, sub un alt aspect. Să admitem că legea conservării şi transformării energiei ne este cunoscută şi că în faţa noastră se află întrebarea: în ce mod acţionează legea cauzalităţii în transformările ener-

---

[25] Robert Mayer, *Legea conservării şi a transformării energiei*, Gostehizdat, 1933, p. 75 (ed. rusă).

[26] Robert Mayer, *op. cit.*, p. 228.

Scanned with OKEN Scanner

getice? Dacă, să zicem, energia potenţială a unui corp ridicat la o anumită înălţime se transformă în energia cinetică a corpului în cădere, înseamnă oare aceasta că energia potenţială ar apărea în rolul de cauză, iar cea cinetică în rolul de efect? Înainte de a răspunde la întrebare, trebuie să clarificăm ce anume înţelegem prin energie. Energia este măsura mişcării. Dar a cărei mişcări anume? Căci mişcarea există în forme calitativ specifice. Evident, energia este măsura mişcării în genere, întrucît are loc un proces de transformare calitativă a formelor de mişcare. Mai exact, energia este măsura a ceea ce este comun în mişcare, măsura fundamentului conservant, care nu dispare în mişcarea materiei, indiferent de forma pe care ar lua-o această mişcare. Am mai putea spune altfel: că energia este măsura generalului în specific. Tocmai prezenţa generalului ne permite să vorbim despre măsura sa, deoarece însăşi noţiunea de măsură are sens numai pentru un obiect cu determinare calitativă. Introducerea măsurii pentru formele calitativ diferite ale mişcării este posibilă numai atunci cînd există între ele un fundament comun, general, ineliminabil.

Dar care este rolul energiei în conexiunile cauzale? Este incontestabil că în exemplul nostru simplu, cu căderea unui corp are loc o relaţie cauzală: energia potenţială a corpului serveşte drept cauză a apariţiei vitezei şi a creşterii acestei viteze în conformitate cu o lege anumită. Evident, aici intervine faptul că noţiunea de energie reflectă nu numai generalul, ci şi specificul. Energia se conservă, dar ea se şi transformă, iar pentru formele calitativ diferite ale mişcării are loc o măsură specifică, exprimată prin parametri specifici, caracterizînd tocmai o formă de mişcare concretă:

$$\frac{mv^2}{2},\ h\nu,\ \frac{E^2+H^2}{8\pi}\ \text{etc.}$$

Noţiunea de energie reflectă unitatea contradictorie dintre conservare şi transformare. De aceea, o definiţie mai completă a noţiunii de energie constă în a caracteriza energia ca măsură a mişcării materiei în condiţiile transformării calitative a formelor de mişcare.

Noţiunea de energie nu epuizează însă întreaga varietate a laturilor diverselor forme de mişcare ale materiei. Noţiunea de energie nu este identică cu noţiunea de formă de mişcare. Relaţiile dintre cauză şi efect sînt organic legate de transformările calitative. Aceste transformări se pot produce numai

Scanned with OKEN Scanner

în condiţii bine determinate. Rolul acestor condiţii îl joacă nu numai legea conservării şi a transformării energiei, ci şi alte legi de conservare.

După cum s-a mai arătat în primul capitol, lanţurile cauzative sînt purtătoare a ceva substanţial, care se conservă. Această latură substanţială a lanţurilor cauzative îşi găseşte reflectarea în întregul ansamblu al legilor de conservare cunoscute de fizica actuală. Printre aceste legi, principiul conservării şi transformării energiei reflectă aspectul profund contradictoriu al conexiunilor cauzale: contradicţia dintre conservare şi transformare. În acest sens, noţiunea de energie reflectă aspectul activ, esenţial al conexiunilor cauzale. În cadrul transformării calitative a formelor de mişcare ale materiei se realizează nu numai întregul ansamblu al legilor de conservare, ci acţionează totodată întregul ansamblu al celorlalte legi corespunzătoare ale naturii. De aceea, dacă ne preocupă cauza reală a unui anumit proces, nu trebuie să vorbim despre energie în rolul de cauză, ci despre o anumită formă de mişcare determinată a materiei în ansamblu şi să căutăm în legile acestei forme de mişcare cauza transformărilor ulterioare. În exemplul nostru cu căderea unui corp, cauza acestei căderi trebuie căutată în legile care determină profundele procese ce au loc în cîmpul gravitaţional al Pămîntului, în legătura lor cu condiţiile concrete care determină posibilitatea mişcării corpului în acest cîmp. Dar cunoaşterea profundă a esenţei cauzei respective ne va conduce, mai devreme sau mai tîrziu, la cunoaşterea unor noi legi de conservare, aflate la fundamentul ei, poate încă necunoscut în prezent, şi care exprimă într-o formă specifică caracterul substanţial al conexiunilor cauzale din natură.

O dată cu descoperirea legii conservării şi a transformăii energiei, în sistemul teoretic al fizicii a intrat o lege de generalitate maximă. Această generalitate a legii rezultă, evident, din conţinutul ei, deoarece legea îmbrăţişează nu numai o anumită formă a mişcării materiei, ci toate formele de mişcare, în măsura în care aceste forme sînt reciproc transformabile. Nu există nici un capitol al fizicii în care această lege, împreună cu alte legi de conservare, să nu joace un rol bine determinat în sistemul de legi care guvernează respectivul domeniu al naturii. Legea conservării şi transformării energiei acţionează acolo unde şi atunci cînd are loc o transformare calitativă a formelor de mişcare ale materiei. Şi acolo unde există mişcarea materiei, are loc totdeauna o transformare a formelor ei de mişcare. Legea este aplicabilă nu numai

Scanned with OKEN Scanner

transformărilor astăzi cunoscute ale formelor de mişcare, ci îi vor fi subordonate şi alte forme de mişcare ale materiei şi transformările lor, necunoscute încă în prezent. Desigur, pot fi descoperite noi forme de manifestare ale acestei legi, necunoscute în prezent, dar conţinutul fundamental al legii va obţine astfel o nouă confirmare, fără a putea fi vreodată infirmat.

Generalitatea maximă a legii conservării şi transformării energiei se manifestă şi în faptul că, prin descoperirea ei, în ştiinţă a fost dezvăluită legătura organică dintre această lege şi cea a cauzalităţii. Dat fiind că legea cauzalităţii a fost şi rămîne principiul fundamental în explicarea fenomenelor naturii, rămîne adevărată şi legea conservării şi transformării energiei. Încălcarea acţiunii legii conservării şi transformării energiei ar însemna o încălcare a acţiunii principiului cauzalităţii în natură şi, reciproc, încălcarea acţiunii principiului cauzalităţii ar însemna o încălcare a acţiunii legii conservării şi transformării energiei.

6. Legile de conservare în fizica cuantică şi legile specifice ale microproceselor

Fizica cuantică s-a lovit, încă imediat după apariţia ei, de necesitatea de a modifica principiul cauzalităţii în concepţia sa mecanică. Noţiunea de conexiuni cauzale mecanice, valabilă pentru macroprocese, s-a dovedit insuficientă în cadrul microproceselor. Necesitatea renunţării la forma mecanică a cauzalităţii în domeniul fenomenelor intraatomice a fost interpretată ulterior ca o necesitate de a renunţa la cauzalitate în genere.

Ocupîndu-se de istoria fizicii cuantice, N. Bohr menţionează că încă modelul semiclasic al lui Rutherford (sau cum i se spune mai exact: modelul Rutherford-Bohr) conducea la „renunţarea la modul de descriere cauzal, deoarece este evident că interpretarea legilor spectrale subînţelege că atomul în stare excitată are, în general, posibilitatea de a trece (cu emisia unui foton) în oricare dintre stările sale energetice inferioare“[27]. Din faptul că această tranziţie nu este determinată univoc de factori fizici cunoscuţi, s-a tras concluzia că tranziţia atomului dintr-o stare în alta nu ar fi supusă prin-

[27] Niels Bohr, *Discuţia cu Einstein asupra problemelor gnoseologice ale fizicii atomice*, în „Filosofskie problemî sovremennoi fiziki“, Izd-vo AN SSSR, 1959, p. 180.

Scanned with OKEN Scanner

cipiului cauzalității. Încercînd să elucideze această situație, N. Bohr împreună cu Kramers și Slater[28] ajung în 1924, la ideea unei concepții statistice a acțiunii legii conservării și transformării energiei. Realizarea acestei legi în macroprocese este media statistică a dispariției totale a energiei și a generării ei din nimic în microprocesele individuale. Această idee a lui N. Bohr despre nerealizarea legii conservării și a transformării energiei în microprocese putea să apară numai luîndu-se în considerare legătura dintre legea cauzalității și legea conservării și a transformării energiei. Deși această relație nu era subliniată explicit, ea a constituit, fără îndoială, punctul de plecare în elaborarea acestei idei care ulterior nu s-a adeverit. Deoarece au apărut îndoieli în privința principiului cauzalității, era logic să se admită un dubiu și în ceea ce privește realizarea necondiționată în natură a legii conservării și transformării energiei. Conform acestei idei, procesele emiterii energiei de către un anumit atom și procesele de absorbție a energiei nu se află într-o dependență cauzală. Dar cum se realizează interacțiunea atomilor? S-a susținut că ar exista un cîmp „virtual" care poate crea premisele pentru tranziția atomului într-o altă stare energetică. Cu alte cuvinte, exista intenția de a se construi o teorie în care procesele emiterii și a absorbirii fotonilor să nu fie legate de relații cauzale, dar s-a ajuns la ideea unui cîmp „virtual" special, care poate exercita o anumită influență asupra stării energetice a atomului. A rămas însă o problemă deschisă determinarea naturii acestei influențe și faptul că ea nu ar avea un caracter cauzal. Menționînd în treacăt această inconsecvență, atragem atenția îndeosebi asupra faptului că negarea realizării legii conservării și a transformării energiei pentru microprocese a fost direct legată, la N. Bohr, de negarea acțiunii legii cauzalității în procesele atomice, deci una era consecința celeilalte. Încercările de a interpreta unele fapte experimentale ca dovadă empirică a neîndeplinirii legii conservării și transformării energiei și-au dovedit curînd inconsistența. N. Bohr a fost nevoit foarte curînd să renunțe la ideea sa, cu atît mai mult cu cît experimente directe au demonstrat realizarea riguroasă a acestei legi naturale și în cazul microproceselor. Mai mult, convingerea despre veridicitatea acestei legi a permis să fie prevăzută teoretic o nouă particulă „elementară": neutrinoul. Legea conservării și a transformării energiei a jucat aici rolul de principiu gnoseologic.

[28] „Zeitschrift für Physik", 1924, B., 24, S. 69.

În rezolvarea dificultăţilor fizicii atomice nu se putea urma calea renunţării la legea conservării şi a transformării energiei. Mai mult, dacă s-ar fi insistat în continuare asupra acestei idei, s-ar fi ajuns la dificultăţi şi mai mari. Ideile decisive puse la baza dezvoltării mecanicii cuantice, care a luat locul teoriei iniţiale a lui N. Bohr, au fost ideile lui Louis de Broglie asupra caracterului universal al dualismului undă-corpuscul. Dar ce rol au jucat în această dezvoltare legile conservării? Legile clasice ale conservării au continuat să acţioneze şi aici ca principii care controlau fiecare pas al dezvoltării teoriei. Fizica cuantică nu ar fi fost însă o teorie fizică nouă calitativ, dacă n-ar fi pus la baza dezvoltării ei legile conservării, specifice, neadoptate de fizica clasică.

Înainte de a caracteriza aceste legi de conservare, specifice pentru mecanica cuantică, trebuie să subliniem din nou ideea generală privind importanţa legilor conservării şi cunoaşterea naturii. De la descoperirea legii conservării şi transformării energiei, oamenii de ştiinţă au dezvăluit şi au înţeles tot mai bine importanţa mărimilor conservabile, specifice pentru dezvoltarea oricărei teorii fizice. Descoperirea legii conservării şi transformării energiei a constituit în această privinţă o etapă crucială în dezvoltarea întregului sistem al cunoştinţelor din domeniul fizicii.

Apariţia teoriei electromagnetice în a doua jumătate a secolului al XIX-lea este legată pe plan istoric de acţiunea euristică a legii conservării şi transformării energiei. Ideea conservării diverselor „forţe" ale naturii a fost ideea teoretică fundamentală încă în activitatea ştiinţifică a lui Faraday. Maxwell a avut de-a face cu legea conservării şi transformării energiei. „Dintre toate concluziile pe care principiul conservării energiei ne permite să le tragem asupra legilor acţiunii diverselor forţe existente în natură, un interes cu totul deosebit prezintă concluziile referitoare la electricitate şi la magnetism; căci în nici un alt domeniu al fizicii, fertilitatea acestui principiu nu iese în evidenţă atît de pur şi de direct... Asumîndu-ne sarcina de a afla legile electricităţii, vedem că nu dispunem dinainte de nici un alt mijloc de cercetare auxiliar accesibil, în afară de o singură excepţie: principiul conservării energiei"[29].

Dar nici o teorie fizică nu se poate dezvolta dacă la izvoarele ei nu se află ideea conservării mărimilor, specifice tocmai

[29] Max Planck, *Principiul conservării energiei*, pp. 194—195.

Scanned with OKEN Scanner

pentru respectivul domeniu al naturii. În afară de legile generale ale conservării — pentru energie, impuls, moment, — mai trebuie găsită conservarea unor mărimi caracteristice pentru teoria fizică respectivă. Totodată, nu este obligatoriu ca mărimile fizice conservabile să se încadreze de la bun început într-o lege de conservare proprie. Ideea conservării poate fi exprimată în diverse moduri. În prima etapă a dezvoltării teoriei, ideea conservării se realizează adesea sub forma unor constante fizice, care sînt mărimi conservabile, un fel de „cărămizi", „celule" ale viitoarei teorii. În acest rol de constantă specifică a teoriei electromagnetice a apărut de la bun început mărimea sarcinii electrice elementare. Ideea conservării acestei sarcini a fost strîns legată de ideea caracterului discret al electricității. Atomismul, reprezentarea discontinuității materiei și a proprietăților ei, care s-a realizat în fizică sub forma ideii conservării proprietăților specifice ale materiei a servit și aici ca temelie profundă în dezvoltarea sistemului teoretic al legilor electromagnetismului. În dezvoltarea ulterioară a fizicii, ca urmare a descoperirii așa-numitei „anihilări" și a transformării inverse în pereche a fotonilor, conservarea sarcinii a apărut ca o lege a conservării sarcinii care acționează în transformările reciproce ale particulelor. În domeniul fenomenelor electromagnetice din macro- și microprocese, această lege determină particularitățile specifice ale conexiunilor cauzale în legile electromagnetismului.

Revenind la analiza fizicii cuantice în legătură cu legile de conservare, putem remarca acum profunda analogie cu cunoașterea proceselor electromagnetice. La baza actualei fizici a microproceselor se află, după cum se știe, ideea lui M. Planck asupra caracterului discret al tranzițiilor energetice. Descoperirea cuantei de acțiune h, o constantă universală care este „regina fizicii moderne", a arătat că fizica a găsit o mărime conservată specifică, ce a servit efectiv ca punct de plecare în dezvoltarea fizicii cuantice de astăzi. Aici, la fel ca în legile electromagnetismului, putem constata legătura acestei mărimi conservate cu ideea atomismului. Constanta h putea fi asigurată numai prin caracterul discret al transformărilor energetice și, la rîndul său, caracterul discret al variațiilor energetice conduce cu necesitate la introducerea unei constante, a unei mărimi care se conservă totdeauna: mărimea h. Ideea conservării proprietăților fundamentale ale materiei ia în fizica modernă forme noi, ea își găsește expresia nu numai în existența legilor de conservare, ci intervine în teorie și prin introducerea unor mărimi constante fundamentale, fără

Scanned with OKEN Scanner

de care construirea teoriei fizice este imposibilă. În fizica cuantică, constanta lui Planck figurează ca mărime fundamentală și în teoria inițială a lui Bohr, și în ecuația lui Schrödinger, și în relațiile de nedeterminare ale lui Heisenberg. În toate aceste cazuri, ea îndeplinește funcția de lege de conservare specific cuantică, deoarece fără legile de conservare devine de neconceput orice teorie fizică ce are menirea să reflecte corect legile mișcării contradictorii a materiei.

În dezvoltarea ulterioară a mecanicii cuantice, constanta lui Planck a intrat în legea specială a conservării spinului. Spinul unei particule este momentul ei mecanic propriu, spre deosebire de momentul creat prin mișcarea orbitală a particulei. În 1925, fizicienii olandezi S. Goudsmith și J. Uhlenbeck au emis ipoteza că proiecția momentului mecanic propriu al electronului pe o direcție oarecare se măsoară printr-un număr semiîntreg de constante ale lui Planck și nu poate lua decît două valori $S = \pm \frac{2}{h}$ momentul magnetic propriu poate și el să ia numai două valori proporționale cu h[30]. P. Dirac (1928) a demonstrat teoretic existența spinului la particulele „elementare". Ținînd seama de spinul particulelor „elementare", W. Pauli a enunțat cunoscutul principiu de excluziune: într-o aceeași stare cuantică a unui sistem fizic nu se poate afla decît o singură particulă (principiul este valabil pentru orice particule de spin semiîntreg). Principiul lui Pauli a permis să fie explicate din punctul de vedere al reprezentărilor cuantice legile sistemului periodic al elementelor.

Noțiunea de spin al particulei s-a dovedit esențială și în statistica cuantică. Specificul acestei statistici, deosebirea ei de statistica clasică sînt determinate de existența spinului particulelor „elementare". Mai mult, diverșilor spini le corespund statistici cuantice diferite: ansamblul particulelor de spin semiîntreg (electronul, pozitronul, protonul etc.) se încadrează în statistica Fermi — Dirac, iar ansamblul particulelor de spin nul sau întreg se supune statisticii Bose — Einstein. Existența spinului și a legii conservării spinului determină, de asemenea, specificul ecuațiilor de mișcare pentru particulele „elementare". O particulă de spin semiîntreg se supune ecuației lui Dirac; o particulă de spin nul este descrisă în mișcarea ei de ecuația lui Fock — Klein — Gordon.

---

[30] D. I. Blohințev, *Bazele mecanicii cuantice*, Editura Tehnică, București, 1954, p. 205.

Scanned with OKEN Scanner

Pe măsura dezvoltării mecanicii cuantice s-a constatat că principiul lui Pauli, strîns legat de legea conservării spinului, este o consecinţă a proprietăţilor generale de simetrie ale funcţiei de undă ψ. Dat fiind acest fapt, s-ar putea crede că ideea de conservare îşi pierde în acest caz semnificaţia clară, deoarece principiul lui Pauli, legat de ideea conservării spinului, nu este decît o consecinţă a unei proprietăţi mai generale, anume a proprietăţii de simetrie. Dar proprietatea funcţiei de undă ψ de a fi simetrică sau antisimetrică se conservă în timp. Această idee constituie conţinutul aşa-numitei legi de conservare a parităţii[31]. Rezultă că a fost descoperită o legătură intrinsecă între diverse legi de conservare din mecanica cuantică. Astfel, iese la iveală încă o dată caracterul fundamental al ideii de conservare, întrucît orice generalizare, orice pas mai profund în dezvoltarea teoriei implică descoperirea unei noi legi de conservare.

Aşadar, se poate spune că legea cuantică specială a conservării spinului, împreună cu alte legi de conservare, stă la baza legilor specifice ale fizicii cuantice. Ştim însă că fiecare lege a naturii este legată de conexiuni cauzale bine determinate. De exemplu, dacă în legile statisticii cuantice acţionează conexiuni cauzale de un tip special, putem spune că specificul acestor conexiuni este determinat, în ultimă analiză, de specificul legilor de conservare. Aici este esenţial de relevat că legile clasice ale conservării continuă să acţioneze şi în domeniul cuantic. Legile cuantice ale conservării determină caracterul specific al conexiunilor cauzale. Însuşi faptul relaţiilor dintre cauză şi efect este determinat de existenţa legilor generale şi specifice de conservare.

Am mai remarcat că specificul calitativ al legilor mecanicii cuantice este determinat, în ultimă instanţă, de prezenţa constantei lui Planck. În acel domeniu de fenomene în care putem neglija discontinuitatea cuantei de acţiune h, unde o putem considera nulă, ecuaţia lui Schrödinger trece în cea a lui Hamilton — Jacobi. Aici avem de-a face cu o manifestare a principiului de corespondenţă[32]. Dacă vom urmări logic, în conformitate cu principiul de corespondenţă, trecerea de la mecanica clasică la cea cuantică, atunci, în deplină concordanţă cu mersul istoric al cunoaşterii, vom con-

---

[31] De legea conservării parităţii ne vom ocupa mai amănunţit în acest capitol.
[32] Vezi I. V. Kuznețov, *Prinţip sootvetstvia v sovremennoi fizike i evo filosofskoe znacenie*, Gostehizdat, M., 1948, pp. 14—18.

stata că aici caracterul specific al legilor mecanicii cuantice apare ca rezultat al unui atomism sui-generis, anume al caracterului discret al acțiunii, al conservării acestei mărimi în cadrul legilor calitativ specifice ale microcosmosului. Este suficient să nu ținem sema de constanta h, să nu o considerăm ca fiind conservabilă, să admitem că h tinde către 0, pentru ca ecuația fundamentală a mecanicii cuantice să-și piardă sensul și să trecem astfel la ecuațiile mecanicii clasice. Analizînd corespondența dintre mecanica cuantică și cea clasică, ne convingem o dată în plus că teoria cuantică se supune, la fel ca orice altă teorie fizică, unei legi generale; specificul legilor ei rezultă din particularitățile mărimilor conservate, care stau la baza dezvoltării teoriei.

Deoarece mecanica cuantică dezvăluie legi de o natură deosebită, ireductibile la legile mecanicii clasice, rezultă că și conexiunile cauzale corespunzătoare acestor noi legi sînt ireductibile la conexiunile cauzale ale mecanicii clasice. Interpretarea în spiritul școlii de la Copenhaga (Bohr, Heisenberg etc.) a mecanicii cuantice atribuie o importanță hotărîtoare așanumitei „necontrolabilități principiale" a interacțiunii. Se crede că această necontrolabilitate și-ar găsi expresia, între altele, în relațiile de nedeterminare. Dar înseși relațiile de nedeterminare conțin în mod necesar mărimi supuse legilor de conservare. În relația cuantică dintre impuls și coordonată ($\Delta \times \Delta p \simeq h$) aceste mărimi vor fi impulsul și constanta lui Planck. În relația dintre energie și timp ($\Delta E \, \Delta t \simeq h$), ele vor fi energia și iarăși constanta lui Planck. Prin urmare, aceste relații sînt controlate de mărimi supuse unor legi de conservare corespunzătoare. În lumina acestor fapte, afirmarea necontrolabilității principiale a interacțiunii apare, în orice caz, ca total nefundată. Aici, ca și la orice alte legi ale naturii, vedem unitatea dintre mărimile care se conservă și cele care variază, se transformă. Tocmai mărimile conservate sînt cele care controlează orice proces de variație guvernat de legi; ele impun restricții riguros definite asupra posibilității abstracte a decurgerii arbitrare a acestor procese. Dar dacă interacțiunile în microprocese sînt controlate de legi de conservare, înseamnă că nici nu poate fi vorba despre o nerespectare a conexiunilor dintre cauze și efecte în aceste procese, deoarece realizarea legilor de conservare asigură continuitatea lanțului cauzal al evenimentelor. Să presupunem că la un nivel dat al dezvoltării științei nu sîntem încă în stare să urmărim întregul mers al unui microproces,

Scanned with OKEN Scanner

în toate detaliile sale; în acest caz însă, existența mărimilor conservate ne dă totuși convingerea că în procesul respectiv nu există discontinuitate și că orice eveniment care apare ca efect al altui eveniment, preia și conservă proprietățile esențiale ale cauzei care l-a generat.

Mecanica cuantică nu este decît o primă aproximație în cunoașterea legilor de mișcare ale particulelor „elementare". Legile ei au un caracter extrem de abstract. Nu toate legile specifice ale conservării, profund inerente naturii mișcării particulelor „elementare", s-au înregistrat organic în actualul sistem al teoriei fizice. În domeniul microproceselor, pe lîngă constanta h a lui Planck, și spin, se cunosc și alte mărimi conservate, care se supun unor legi de conservare proprii. Au loc legi de conservare pentru diversele tipuri de sarcini proprii particulelor „elementare". Încă nu a fost creată o teorie consecventă a particulelor „elementare", care să-și încorporeze aceste legi de conservare. De aceea, unele legi specifice de conservare, inerente particulelor „elementare", mai au un caracter semiempiric. Dar însuși faptul descoperirii lor prevestește apariția și dezvoltarea unei teorii fizice noi, mai profunde.

În afară de legea conservării sarcinii electrice, se mai cunosc pentru particulele „elementare" legile de conservare pentru sarcina barionică și cea leptonică. Sarcina barionică este reprezentată de numărul care exprimă conservarea diferenței dintre numărul de particule și de antiparticule grele. Se numește sarcină leptonică numărul care exprimă conservarea diferenței dintre numărul de particule și antiparticule ușoare. Atît sarcina barionică, precum și cea leptonică se conservă în toate procesele de transformări reciproce ale particulelor elementare. Fizica actuală a particulelor „elementare" introduce și noțiunile de spin izotopic și de stranietate. Există o lege a conservării spinului izotopic și o lege a conservării stranietății, care acționează în domeniul interacțiunilor tari și electromagnetice și care nu se realizează în domeniul interacțiunilor slabe. Avem de-a face aici cu legi de conservare a căror sferă de acțiune este limitată.

Legile de conservare se deosebesc după gradul lor de generalitate. Unele dintre ele au caracterul unei legi universale, iar altele acționează într-un domeniu relativ mărginit al naturii. Legea conservării și transformării energiei face parte din primul tip de legi. Universalitatea ei se manifestă nu numai în faptul că ea caracterizează procesul transformărilor formelor de miș-

Scanned with OKEN Scanner

care ale materiei şi nu numai în prezenţa legăturii profunde cu legea cauzalităţii, ci şi în faptul că această lege este strîns legată de proprietăţile spaţiului şi ale timpului. Ţinînd seama de această legătură, se poate spune că, de fapt, caracterul universal al spaţiului şi al timpului ca forme de existenţă a materiei pun în evidenţă caracterul universal al legii conservării şi transformării energiei. Alte cîteva legi ale conservării — pentru cantitatea de mişcare şi pentru momentul cinetic — prezintă de asemenea o legătură cu proprietăţile spaţiului şi ale timpului. Aceasta a fost demonstrat încă în celebra teoremă a lui E. Noether[33] din 1918, conform căreia legile conservării prezintă o legătură cu proprietăţile de omogenitate şi izotropie ale spaţiului şi cu proprietatea de omogenitate a timpului.

Spaţiul şi timpul sînt omogene. Aceasta înseamnă că în condiţii materiale anumite nu există puncte speciale nici în spaţiu, nici în timp, că orice punct al spaţiului şi al timpului este perfect echivalent sub raportul proceselor materiale care se petrec în acel loc şi în acel moment. Orice punct din spaţiu şi din timp poate fi luat ca origine a sistemului de referinţă. Izotropia spaţiului înseamnă că toate direcţiile spaţiale sînt echivalente, că nu există direcţii şi sensuri privilegiate pentru procesele materiale. Orice direcţie din spaţiu se poate alege ca direcţie fundamentală. Dar dacă spaţiul şi timpul sînt omogene şi izotrope, înseamnă că sînt posibile grupuri continue de transformări ale coordonatelor. Dacă spaţiul este omogen, este posibilă deplasarea spaţială a unui sistem de coordonate şi în raport cu această deplasare avem o invarianţă, o conservare a cantităţii de mişcare (a impulsului). Izotropia spaţiului conduce la posibilitatea rotirii sistemului de coordonate, iar în raport cu această rotaţie are loc o invarianţă, o conservare a momentului cinetic.

Omogenitatea timpului înseamnă că legile fundamentale ale naturii nu depind, dacă ne putem exprima astfel, de poziţia segmentului de timp în care acţionează aceste legi. Legile fundamentale ale naturii sînt eterne, acţiunea lor nu se schimbă în timp. Curgerea timpului este legată de dezvoltarea materiei, de transformările ei calitative şi este determinată de această dezvoltare, de aceste transformări. Procesul neîntrerupt al dezvoltării este garantat, la temelia lui fizică, de

---

[33] E. Noether, *Matematisch-Physikalische Klasse*, în „Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen", 1918, S. 235.

Scanned with OKEN Scanner

legea conservării și transformării energiei. Astfel, conservarea energiei se arată a fi legată de omogenitatea timpului. Așa s-ar putea interpreta intuitiv sensul teoremei lui E. Noether. Dar rezultatele acestei teoreme sînt interpretate în literatura de fizică drept o demonstrație a deducerii legilor de conservare din proprietățile spațiului și ale timpului. „Mărimea a cărei conservare pentru un sistem închis rezultă din proprietățile de omogenitate ale spațiului se numește impuls" — scriu, de exemplu, L. Landau și E. Lifșiț[34]. „Mărimea a cărei conservare pentru un sistem închis rezultă din proprietățile de izotropie ale spațiului este momentul cinetic al sistemului" — scriu aceiași autori, mai departe[35]. Analog, legea conservării energiei se deduce din omogenitatea timpului.

Desigur, cînd cunoaștem unele proprietăți ale spațiului și ale timpului și am cunoscut relația dintre aceste proprietăți și legile de conservare, avem posibilitatea de a deduce teoretic legile de conservare din aceste proprietăți ale spațiului și ale timpului. Dar, în fața fizicii stă sarcina de a dezvălui relațiile obiective ale lucrurilor materiale și ale proprietăților lor. Iar în sens obiectiv, proprietățile spațiului și ale timpului sînt determinate de legile de conservare, deoarece tocmai legile de conservare exprimă substanțialitatea indestructibilitatea și increabilitatea materiei și mișcării. Legătura dintre legile de conservare și proprietățile spațiului și ale timpului a fost obținută ca o consecință directă a principiului relativității, și anume din latura acelui principiu conform căruia legile naturii sînt invariante, adică sînt independente de mișcarea relativă a sistemelor inerțiale. Invarianța legilor naturii se reprezintă matematic prin transformările sistemelor de coordonate. De exemplu, dacă trebuie conservată acțiunea celui de-al treilea principiu al lui Newton în raport cu transformările coordonatelor, cercetarea arată că această invarianță este posibilă în raport cu deplasări spațiale continue, iar aceste deplasări sînt posibile cu condiția omogenității spațiului. Fundamental este aici principiul invarianței. Dacă cerința de a satisface acest principiu conduce la necesitatea omogenității spațiului, putem spune că omogenitatea spațiului rezultă din condițiile

---

[34] L. Landau — I. E. Lifșiț, *Kvantovaia mehanika*, partea I, Gostehizdat M., 1948, p. 54.

[35] *Ibidem*, p. 100.

Scanned with OKEN Scanner

de invarianţă a legilor naturii. Iar invarianţa legilor naturii este, în esenţă, o generalizare a legilor de conservare.
Ce este principiul invarianţei ? În fond, acest principiu înseamnă că legile naturii se conservă cînd trecem de la un sistema de coordonate la altul[36]. După cum am mai menţionat, invarianţa este latura esenţială a principiului relativităţii. Cealaltă latură a principiului relativităţii este relativitatea propriu-zisă, adică neconservarea mărimilor fizice, dependenţa lor de condiţiile mişcării. Ceea ce se numeşte în mod obişnuit principiul relativităţii conţine, în esenţă, două aspecte contradictorii indisolubile, intim legate între ele : invarianţa şi relativitatea propriu-zisă, cu alte cuvinte *conservarea* şi variaţia. Invarianţa legilor naturii poate fi concepută numai cu condiţia conservării proprietăţilor fundamentale ale mişcării materiei. Conservarea acestor proprietăţi, la rîndul ei, poate avea loc numai cu condiţia existenţei unor anumite proprietăţi ale spaţiului şi ale timpului. Fizica teoretică modernă a arătat că pentru realizarea invarianţei legilor mecanicii este necesar ca spaţiul şi timpul să prezinte proprietăţi de simetrie, ca omogenitatea şi izotropia. Legile de conservare determină particularităţile relaţiilor spaţio-temporale dintre obiectele materiale. Dar relaţiile spaţio-temporale caracterizează în mod esenţial conexiunile cauzale. Prin urmare şi aici dăm peste o situaţie în care legile de conservare apar ca o temelie solidă care determină relaţiile dintre cauze şi efecte.

7. Limitarea legii de conservare a parităţii şi căutarea unor noi legi de mişcare pentru particulele „elementare“

În afară de omogenitate şi de izotropie mai există o proprietate de simetrie a spaţiului, şi anume echivalenţa legilor naturii în raport cu un sistem de coordonate drept şi stîng. Aceste sisteme de coordonate diferite se află între ele în aceeaşi relaţie ca aceea dintre un obiect şi imaginea sa într-o oglindă plană. Legile mişcării particulelor şi proprietăţile lor fundamentale nu se schimbă dacă trecem de la un sistem de

[36] In teoria relativităţii joacă un rol important şi principiul de covarianţă, care se reduce la condiţia conservării formei legilor. Principiul covarianţei poate fi considerat ca o generalizare a principiului invarianţei.

Scanned with OKEN Scanner

coordonate la altul, acesta din urmă fiind oglindirea primului. Această proprietate de simetrie a spaţiului este legată de o lege de conservare specific cuantică : legea conservării parităţii. Această lege îşi găseşte expresia în faptul că funcţia de undă ψ, care descrie mişcarea particulei îşi păstrează paritatea în cazul unei oglindiri a spaţiului (adică dacă schimbăm semnul tuturor coordonatelor în semnul contrar). Aceasta se poate ilustra cu ajutorul unui exemplu simplu din matematica elementară. Funcţia $y=x^2$ este o funcţie pară, deoarece dacă înlocuim pe x prin-x, adică dacă efectuăm o oglindire în raport cu axa y, funcţia îşi păstrează semnul : $y=x^2=(-x)^2$. Funcţia $y=x^3$ este impară, deoarece dacă substituim $-x$ pentru x, funcţia y îşi schimbă semnul. Conform legii conservării parităţii, funcţia ψ a particulei îşi păstrează paritatea sau imparitatea.

În ultimul timp, în legătură cu problema apărută cu ocazia explicării unor date experimentale referitoare la dezintegrarea mezonilor K, fizicienii Lee şi Yang au emis ipoteza neconservării parităţii în domeniul interacţiunilor slabe. Această ipoteză şi-a găsit o confirmare în numeroase experimente.

Descoperirea limitării legii conservării parităţii a însemnat un mare eveniment în ştiinţă. Ea a constituit începutul unor reflectări profunde asupra căilor viitoare ale dezvoltării fizicii teoretice. Unii oameni de ştiinţă şi-au pus chiar problema dacă nu cumva, limitarea legii conservării parităţii înseamnă că de acum înainte legile de conservare nu vor mai putea fi considerate legi fundamentale ale naturii ?

Referitor la această problemă, trebuie să spunem, de la bun început, că teza cu privire la caracterul fundamental al legilor de conservare şi la importanţa lor în cunoaşterea conexiunilor cauzale, necesare ale naturii rămîne adevărată şi după descoperirea nerespectării legii conservării parităţii. Legea conservării parităţii este violată numai în domeniul aşa-numitelor „interacţiuni slabe". Pentru interacţiunile tari (nucleare) şi mijlocii (electromagnetice) legea continuă să rămînă valabilă. Descoperirea lui Lee şi Yang dovedeşte deci, nu o încălcare a legii conservării parităţii în genere, ci doar o restrîngere a generalităţii acţiunii ei. Legea de conservare a parităţii a pierdut gradul de generalitate propriu legilor conservării şi transformării energiei, ale conservării impulsului şi momentului.

Scanned with OKEN Scanner

Dar se poate considera oare că prin această afirmare a încălcării generalităţii acţiunii legii conservării parităţii problema a fost rezolvată? Problema este considerabil mai serioasă decît s-ar putea crede la prima vedere. Legea conservării parităţii, ca şi legile conservării energiei, impulsului, momentului, este legată, după cum am mai menţionat, de proprietăţile de simetrie ale spaţiului şi ale timpului. Spaţiul şi timpul sînt formele fundamentale ale existenţei materiei, şi o dată ce există o legătură între proprietăţile generale ale spaţiului şi ale timpului cu legile de conservare, violarea acţiunii legii conservării parităţii pune fizica teoretică în faţa necesităţii de a analiza mai profund categoriile de spaţiu şi de timp. Dacă ne vom limita numai la indicaţia că legile conservării parităţii şi-au pierdut întrucîtva gradul de generalitate şi vom considera cu aceasta chestiunea epuizată, vom omite o problemă importantă, pusă la ordinea zilei de dezvoltarea fizicii contemporane, anume problema spaţiului şi a timpului în domeniul microproceselor.

Pentru a explica violarea legii conservării parităţii în domeniul interacţiunilor slabe, se pot concepe în prezent două căi[37]. În primul rînd, se atrage atenţia asupra legăturii dintre respectarea sau nerespectarea legii conservării parităţii şi principiul conjugării de sarcină. Este cunoscut că, în fizica actuală, fiecărei particule „elementare" i se poate asocia o antiparticulă. Şi dacă vom admite că în cazul unei oglindiri se produce simultan procesul transformării particulei în antiparticulă, atunci însăşi noţiunea de conservare a parităţii, în vechea ei accepţie, îşi pierde sensul. Această idee a fost exprimată în forma ei generală încă în lucrarea lui Lee şi Yang[38]. L. D. Landau a dezvoltat această idee în prezentarea aşa-numitei „inversiuni combinate"[39], a cărei esenţă se reduce, în linii mari, la cele arătate mai sus.

Trebuie să observăm însă că această cale ne conduce la înlocuirea legii conservării parităţii printr-o lege de conservare nouă, necunoscută înainte. L. D. Landau ajunge la noţiunea de paritate combinată, care se exprimă matematic sub forma produsului dintre paritatea obişnuită şi aşa-numita paritate

---

[37] Aceste două căi posibile de explicare a violării legii conservării parităţii sînt menţionate de I. S. Şapiro în articolul său *O nesohranenii cetnosti pri raspade*, UFN, 1957, t. LXI, fasc. 3, p. 322.

[38] T. D. Lee, C. N. Yang, „The Physical Review", 1956, vol. 104, p. 254.

[39] Vezi „Jurnal experim. i teor. fiziki", t. 32/nr. 2, 1957.

Scanned with OKEN Scanner

de sarcină. Se constată că paritatea combinată a unui sistem neutru izolat se conservă. Prin urmare, chiar pe această cale a soluționării problemei legate de restrîngerea legii conservării parității, se ajunge la descoperirea unei noi legi de conservare. Vedem că legile de conservare sînt impuse cu necesitate cunoașterii, de natura însăși a obiectelor cunoscute. Dacă se constată o încălcare a unei legi de conservare într-un domeniu al naturii, această încălcare nu poate decît să povestească descoperirea unei noi legi de conservare, mai profunde.

Dar există și o altă cale de explicare, pe care o considerăm fecundă. Neconservarea parității în domeniul interacțiunilor slabe arată că în acest domeniu fizica a ajuns la un hotar unde proprietățile spațiului și ale timpului suferă schimbări calitative. Nerespectarea legii conservării parității va însemna în acest caz că noțiunile noastre de spațiu și de timp în domeniul distanțelor mici și al intervalelor de timp mici se cer modificate. Una dintre variantele posibile ale acestei modificări a noțiunilor de spațiu și de timp în acest domeniu al naturii constă în ideea lungimii minime.

Introducerea lungimii minime înseamnă că fizica s-a lovit de necesitatea de a înainta mai mult în adîncul materiei. Proprietățile cunoscute ale spațiului, în particular proprietatea simetriei față de un plan, acționează în limite mai mari decît o anumită distanță minimă. Dincolo de această distanță, dacă pătrundem în adîncul materiei are loc încălcarea proprietății respective. Ca și înainte, aici se naște o nouă lege de conservare, organic legată de atomism, extins în acest caz la formele fundamentale ale existenței materiei. În cazul de față, este posibil ca noua lege de conservare, necunoscută înainte, care stă la baza unei teorii viitoare, mai profunde, să apară inițial sub forma unor noi constante: lungimea minimă și intervalul de timp minim. Desigur, aceasta va duce și la reconsiderarea altor noțiuni ale fizicii și la descoperirea unor legi de conservare noi, mai profunde. În acest caz și în noul domeniu al naturii, în domeniul așa-numitelor interacțiuni slabe, la baza legilor descoperite se vor afla legi de conservare care, la fel ca în alte capitole ale fizicii, vor asigura funcționarea mecanismului unor conexiuni cauzale specifice ale naturii.

De altfel, este posibil ca cele două căi de soluționare a problemei, legate de neconservarea parității obișnuite în domeniul interacțiunilor slabe, să se dovedească a fi două metode de

Scanned with OKEN Scanner

abordare ale aceleiași teorii viitoare mai profunde. Această teorie viitoare va sintetiza, eventual, rezultatele fundamentale ale acestor orientări care par în prezent opuse.

■ ■ ■

Legile conservării proprietăților esențiale ale materiei și ale mișcării sînt o parte componentă inalienabilă a oricărei teorii fizice. Acțiunea acestor legi, ca legi obiective ale naturii, rezultă din indestructibilitatea și increabilitatea materiei.

Apărută într-o formă naivă, încă în antichitate, la gînditorii Orientului, și în școala ioniană, și stînd la baza principiului indestructibilității a tot ce există, ideea conservării devine pentru prima dată obiect al analizei gnoseologice la eleați. Depășind dialectica unilaterală a eleaților, Democrit a dezvăluit posibilitățile inepuizabile cuprinse în ideea de conservare și a creat prima formă de doctrină atomistă, în care ideea de conservare se întrupa în ideea caracterului discret al existenței și în ideea indestructibilității atomilor — particulele inițiale imuabile ale materiei.

Atomismul materiei și al formelor fundamentale ale existenței ei determină existența în natură a legilor de conservare. În fizica modernă, legătura dintre legile de conservare și atomism apare, bineînțeles, într-o formă mai complicată decît în atomismul clasic, deoarece atomismul contemporan se caracterizează printr-o mai adîncă pătrundere în natura materiei și în formele fundamentale ale existenței ei. Generalizînd, putem spune că în atomismul contemporan se manifestă clar faptul că contradicția dintre conservare și variabilitate este legată de contradicția dintre discret și continuu. Tocmai contradicția dintre discret și continuu în structura materiei și în formele ei de existență determină unitatea dintre conservare și variabilitate.

În istoria cunoașterii și în știința contemporană, ideea conservării ia forme variate. Aceste forme pot fi clasificate în șase grupuri fundamentale :

1) ideea generală despre existența unui principiu fundamental conservabil, aflat la baza lucrurilor (la gînditorii Orientului antic, la școala din Milet);

2) conservarea atomilor (în atomistica clasică) ;

3) conservarea proprietăților invariabile inerente obiectelor materiale (legea conservării greutății în chimia clasică, legea conservării materiei în fizica clasică, așa-numitele legi de conservare a sarcinii în fizica modernă) ;

Scanned with OKEN Scanner

4) constantele universale și legile de conservare legate de ele (constanta lui Planck, viteza constantă a luminii, lungimea „minimă") ;
5) legile de conservare și de transformare a proprietăților fundamentale variabile ale materiei (legea conservării și transformării energiei, legea conservării și transformării masei, eventual și a impulsului și a momentului cinetic) ;
6) conservarea a înseși legilor naturii (principiul invarianței din teoria relativității).

Sub raportul generalității, legile de conservare cunoscute în fizica actuală pot fi împărțite în două grupuri. În primul vor intra legile cu cel mai mare grad de generalitate. În acest grup putem clasifica, în particular, toate legile de *conservare* și *transformare*. Acțiunea acestor legi se extinde asupra tuturor formelor mișcării materiei în limitele proceselor fizice. Din al doilea grup fac parte legile cu grad de generalitate limitat, a căror acțiune ține de un domeniu determinat și limitat al naturii. Aici trebuie să clasificăm, de exemplu, și legea conservării parității. Problema stabilirii gradului de generalitate al unei anumite legi de conservare se rezolvă printr-o cercetare concretă, recurgînd la toate mijloacele de care dispune fizica.

Începînd cu atomismul antic, descoperirea legilor de conservare specifice servește ca punct de plecare pentru dezvoltarea sistemului de legi ale diverselor teorii. Această legătură dintre legile de conservare și legile corespunzătoare ale naturii este reprezentată schematic în următorul tabel :

Legi de conservare	Legile corespunzătoare ale fenomenelor naturale
1) Ideea generală a unui principiu prim imuabil (școala din Milet);	Ideea generală despre legile naturii;
2) Conservarea atomilor la Democrit;	Ideea inițială a necesității și cauzalității din natură;
3) Legea conservării substanței pe baza atomismului clasic;	Legile chimiei molecular-atomice clasice (Lomonosov, Lavoisier, Dalton);
4) Principiul inerției, prima lege de conservare a mișcării din istorie. Legea conservării masei, impulsului, momentului;	Legile mecanicii clasice, forma mecanică a conexiunilor cauzale;
5) Legea conservării și transformării energiei;	Legile transformărilor reciproce ale formelor de mișcare ale materiei.

Scanned with OKEN Scanner

Mai departe, în orice teorie acționează atît legile generale de conservare, cît și legi de conservare specifice. Punînd în evidență numai pe acele specifice, putem continua tabelul:

Legi de conservare	Legile corespunzătoare ale fenomenelor naturale
6) Legea conservării sarcinii electrice;	Legile fenomenelor electromagnetice;
7) Invarianța legilor naturii, ca generalizare a ideii de conservare;	Teoria relativității;
8) Constanta lui Planck și legea conservării spinului;	Mecanica cuantică; legile constituției atomului; legile sistemului periodic al elementelor;
9) Legile de conservare a sarcinii particulelor „elementare".	Legile empirice ale transformărilor reciproce ale particulelor „elementare".

Legile de conservare sînt intim legate unele de altele. Luarea în considerare a unei singure legi de conservare nu ne poate da tabloul de ansamblu al legilor reale și deci al relațiilor cauzale reale. Este necesar ca în analiza legilor cercetate să ținem seama de acțiunea tuturor legilor de conservare cunoscute, atît generale cît și specifice, care au loc într-un domeniu concret al naturii.

Legile de conservare au valoare euristică. Se știe că ele ne permit să prevedem noi obiecte și să descoperim unele trăsături importante ale transformărilor reciproce ale acestor obiecte. Putem ilustra aceasta prin exemplul devenit clasic al prevederii neutrinoului pe baza legii conservării energiei. Dar legile conservării au de fapt o semnificație mai largă. Cu ele începe cunoașterea legităților diferitelor domenii ale naturii și cu ajutorul lor se controlează fiecare pas în această cunoaștere. Cînd se ivesc dificultăți în explicarea unor noi fapte experimentale, care nu se integrează în cadrul vechilor reprezentări, atenția fizicienilor se îndreaptă spre căutarea unei noi legi de conservare. Această semnificație mai largă a legilor conservării, ca o metodă de cunoaștere sui generis, formată de-a lungul întregului mers al științei, începe să fie înțeleasă rațional în fizica modernă. Sînt caracteristice în această privință cele arătate de M. Gell-Mann și E. Rosenbaum. Relatînd încercările de a explica legitățile transformărilor reciproce ale așa-numitelor particule stranii, ei scriu și despre căutările în vederea găsirii unei noi legi de conservare. „Dacă

s-ar descoperi o asemenea lege — declară ei — am putea afla mult mai mult în ce privește particulele stranii". Referindu-se, în legătură cu aceasta, la speranța de a afla mult mai mult cu privire la natura particulelor stranii, ei trag concluzia: „Această speranță s-a dovedit justificată"[40].

Generalizînd punctul precedent al concluziilor și avînd în vedere întreaga istorie a ideii de conservare, se poate formula un principiu teoretico-gnoseologic suis generis: cunoașterea legilor naturii, a legilor variației unui anumit domeniu al realității obiective, are, de regulă, ca punct de plecare, cunoașterea laturii opuse a acestei schimbări — căutarea mărimilor conservabile. Aceasta este o expresie a dialecticii obiective a naturii — fără conservare, fără determinarea calitativă, fără stabilitatea lucrurilor obiective, nu există nici schimbările lor. Această contradicție dintre conservare și schimbare, enunțată ca lege generală a naturii, devine un principiu general al cunoașterii. Orice principiu teoretico-gnoseologic se caracterizează prin generalitatea lui. Această generalitate o găsim și în cazul amintit. Conservarea și schimbarea caracterizează nu numai procesele obiective ale naturii, ci și însuși procesul cunoașterii. În fiecare etapă a dezvoltării sale, cunoașterea conservă în mod necesar rezultatele anterioare ale dezvoltării, cu o valoare neefemeră. În domeniul fizicii, aceasta se exprimă în acțiunea așa-numitului principiu de corespondență, a cărui analiză detaliată a fost făcută în cartea lui I. V. Kuznețov: *Principiul de corespondență în fizica modernă și semnificația lui filozofică*. Se poate spune că unitatea contradictorie dintre conservare și schimbare este o lege specifică a dialecticii, care are același grad de generalitate, ca și toate celelalte legi cunoscute ale metodei dialectice marxiste. Ideea conservării are o legătură internă cu ideea caracterului cauzal al proceselor din natură. Aprofundînd aceste două idei, găsim că ele reprezintă doar două laturi ale principiului automișcării materiei. Într-adevăr, dacă materia și mișcarea se află într-o legătură indisolubilă, urmează că mișcarea, ca și materia este indestructibilă și noncreabilă. Dar legătura indisolubilă dintre materie și mișcare, sau, cu alte cuvinte, automișcarea materiei înseamnă totodată că toate schimbările își au cauza în însăși materie, în legile ei interne.

Cauza oricărui proces material constă în alt proces, tot material. Legătura organică dintre legile conservării și relațiile cauzale din natură se manifestă în faptul că legile conservării

---

[40] M. Gell-Mann și E. Rosembaum, *Particulele elementare*, în „Uspehi fiziceskih nauk", 1958, t. LXIV, fasc. II, pp. 407—414.

sînt o parte integrantă a mecanismului intern al legăturilor cauzale, constituind fundamentul lor. Pentru ca legătura cauzală a faptelor să acţioneze permanent în natură, este necesar să eixste o bază comună, conservabilă, a cauzei şi efectului. Fără această bază, relaţiile cauzale, lanţurile cauzative ar fi întrerupte, încălcate şi conexiunea cauzală a lucrurilor ar înceta în cele din urmă. Permanenţa acţiunii conexiunilor dintre cauze şi efecte este asigurată de caracterul tranzitoriu al legilor de conservare. Legile de conservare determină nu numai baza acţiunii conexiunilor cauzale, baza lanţurilor cauzative, ci şi anumite detalii importante în caracterul interacţiunii cauzei cu efectul.

Pe acest plan, acţiunea legilor de conservare asigură, în ultimă instanţă, caracterul ireversibil al proceselor naturale (amănunte vezi în capitolele: *Principiul cauzalităţii şi rolul său în cunoaşterea naturii* şi *Conexiunea cauzală şi ireversibilitatea timpului*).

Scanned with OKEN Scanner

III. Conexiunea cauzală și ireversibilitatea timpului

Problema cauzalității este strîns legată de problema ireversibilității timpului. În capitolul de față vom arăta că este imposibil să se rezolve problema ireversibilității timpului, dacă este ignorată legătura ei cu relația dintre cauză și efect. Greutăți insurmontabile apar și în cazul cînd principiul cauzalității este înțeles greșit. Numai înțelegerea materialist-dialectică, corectă, a principiului cauzalității oferă fundamentul teoretic pentru rezolvarea problemei ireversibilității timpului. Totodată, analiza problemei ireversibilității timpului, pusă în legătură cu problema cauzalității, ne dă o înțelegere mai profundă a principiului cauzalității.

Ce este ireversibilitatea timpului? Ireversibilitatea timpului înseamnă existența unei asimetrii principiale între cele două sensuri: spre trecut și spre viitor. Studiem urmele trecutului, dar nu dispunem de urme ale viitorului. Ne putem aminti ceea ce a fost, dar nu ne putem aminti ceea ce va fi. Ceea ce este actualmente viitor, va deveni, mai curînd sau mai tîrziu — prezent, dar trecutul nu se va întoarce niciodată. Ceea ce va depinde de rezultatele acțiunilor noastre, dar nu sîntem în stare să schimbăm nimic din trecut.

1. Zădărnicia încercărilor de a stabili sensul curgerii timpului fără legătură cu relațiile cauzale

Dar în ce sens curge timpul? Din punctul de vedere al bunului simț, această întrebare pare extrem de curioasă, deoarece răspunsul este cît se poate de evident: timpul curge de la trecut spre viitor. De asemenea, nu suscită nici o îndoială metoda de determinare a trecutului și a viitorului. În adevăr, putem încerca să folosim criteriile legate de proprietățile menționate mai sus ale timpului.

Aceasta însă nu mai este chiar atît de simplu. Nu dispunem de urme ale viitorului. Și dacă avem două urme ale trecutului, cum putem soluționa întrebarea dacă timpul a curs în așa fel încît întîi a apărut o urmă și apoi cealaltă, sau invers?

Scanned with OKEN Scanner

Trecutul nu se va întoarce niciodată, dar pe baza acestui criteriu trebuie să aşteptăm pînă la infinit pentru a ne convinge că un anumit fenomen aparţine trecutului, dat fiind că în nici unul dintre momentele timpului nu putem avea siguranţa că nu mai este cazul să aşteptăm reîntoarcerea acestui eveniment.

Nu putem schimba nimic din trecut. Dar şi în viitor sînt multe lucruri pe care nu le putem schimba.

Rămîne memoria.

Cunoscutul filozof englez Bertrand Russell încearcă să o folosească pentru a determina sensul în care curge timpul. În cartea sa *Cunoaşterea umană* el scrie „... deoarece vreau să leg fizica de experienţă, aş prefera să spun că stabilim ordinea temporală cu ajutorul memoriei şi al experienţei nemijlocite a succesiunii timpului. Ceea ce ne amintim aparţine prin definiţie trecutului; şi în limitele a ceea ce este prezentul există anteriorul şi ulteriorul. Tot ce coexistă cu ceva amintit, şi nu cu experienţa mea prezentă, aparţine de asemenea trecutului. Plecînd de aici putem extinde definiţia ordinii temporale şi distincţia dintre trecut şi viitor, pas cu pas, asupra tuturor evenimentelor“[1].

Vom considera că memoria noastră este ideală, cu alte cuvinte că nu uităm nimic. Atunci, raţionamentul de mai sus poate fi exprimat în următoarea formă. Fie S_1 tot ce există în memoria noastră la momentul t_1, iar S_2 tot ceea ce ţinem minte la momentul t_2. Atunci, dacă S_1 este o parte din S_2, ceea ce se poate scrie $S_1 < S_2$, atunci momentul t_1 al timpului va preceda pe t_2.

Dar să ne închipuim că, deodată, timpul şi-ar fi schimbat sensul. Aceasta înseamnă că toate procesele încep să se desfăşoare invers. Vom putea oare determina cu ajutorul criteriului nostru această schimbare a sensului timpului? La prima vedere face impresia că nimic nu este mai simplu. Dacă timpul va curge de la viitor spre trecut, ne vom da seama imediat după schimbarea ordinii desfăşurării fenomenelor înconjurătoare. Să considerăm, de exemplu, următorul eveniment: o ceaşcă a căzut de pe masă şi s-a spart. În condiţiile mersului normal al timpului, avem întîi ceaşca întreagă, ea cade şi apoi se face ţăndări. În schimb, dacă mersul timpului se inversează, apar pe parchet întîi ţăndările, apoi ele se îmbină formînd ceaşca, aceasta se ridică în sus şi se aşază

[1] B. Russell, *Cunoaşterea umană*, M. IL, 1957, pp. 367—368.

Scanned with OKEN Scanner

pe masă. Într-un film, o femeie aruncă apa dintr-o găleată în curte. După aceea însă, sub influența privirilor pline de reproș, îi pare rău de fapta ei și „întoarce timpul înapoi"; apa din curte se varsă înapoi în găleată. Bineînțeles, spectatorii observă imediat desfășurarea anormală a timpului.

Dar ei pot să facă aceasta pentru că timpul a fost inversat numai la fenomenele de pe ecran, pe cînd pentru ei timpul a continuat să curgă în același sens ca înainte. Dacă însă timpul își va schimba sensul pentru toate procesele, inclusiv pentru cele legate de memorie, nu vom mai putea să ne bizuim pe memorie pentru a stabili sensul curgerii timpului. În acest caz, vom avea întîi memoria mai mare S_2, iar apoi pe cea mai mică S_1, care este o parte a celeilalte. În cazul inversării timpului, t_2 va precede pe t_1, dar deoarece t_2 corespunde unei memorii mai mari decît t_1, vom avea impresia că t_1 este anterior .

În adevăr, posedînd la momentul t_2 memoria mai mare S_2 vom „ține minte" ceea ce a fost la t_1. Natural, t_1 va fi referit la trecut. În schimb, atunci cînd se va produce t_1, vom avea memoria S_1, care reprezintă doar o parte din S_2, din care cauză, ca urmare a „micșorării" volumului memoriei, nu vom mai ține minte momentul t_2. Așadar, mersul timpului, determinat subiectiv, va fi în contradicție cu mersul obiectiv. De aceea, sensul timpului nu poate fi stabilit numai prin percepții subiective.

De aici, unii filozofi din străinătate trag concluzia, cu privire la curgerea timpului, că acest fenomen ar fi în genere o iluzie, că este lipsit de sens să vorbim despre o îndepărtare în trecut a evenimentelor. Ei susțin că noțiunea de timp ar avea un caracter pur formal, iar folosirea diverselor expresii referitoare la timp ar fi o simplă chestiune de gramatică. În realitate, nu trebuie să spunem „timpul curge", ci „evenimentele au loc"[2].

Dar cum se produc evenimentele și în ce anume? Ar putea oare evenimentele să se producă dacă nu ar exista timpul? Este clar că în afara timpului orice evenimente sînt imposibile. Dacă timpul este o ficțiune evenimentele sînt și ele o ficțiune. Dar raționamentul de mai sus arată că nu putem identifica sensul curgerii timpului, cu sensul în care variază conștiința omului. Timpul există obiectiv, independent de orice conștiință. El este indisolubil legat de mișcarea materiei.

---

[2] Vezi G. G. Smart, *The temporal asymmetry of the World*, în „Analysis", vol. 14, nr. 4, 1954, pp. 81—83.

De aceea procesele de care legăm sensul curgerii timpului nu trebuie căutate în conștiință, ci în materia însăși. Aceste procese trebuie să explice de ce nu există decît un singur sens al curgerii timpului și să ne furnizeze un criteriu obiectiv pentru stabilirea acestui sens.

Din acest punct de vedere vom examina, în primul rînd, fenomenele mecanice. Pot ele oare să stabilească sensul timpului? Constatăm că nu. Dacă un proces mecanic se desfășoară într-un sens, el se poate desfășura și în sensul contrar, fără ca legile mecanicii să fie încălcate.

Să luăm o minge perfect elastică și să o lăsăm să cadă. Ea va cădea vertical (în jos). Viteza inițială a mingii la momentul t_1 este egală cu zero. După aceea, viteza crește după formula $v = gt$, unde g este accelerația căderii libere, determinată de acțiunea gravitației. La un anumit moment t_2, mingea va ajunge la podea cu viteza v_2. Am presupus că mingea noastră este perfect elastică. Aceasta înseamnă că atunci cînd ea va lovi podeaua, nu va avea loc o transformare a energiei ei mecanice în alte forme de energie, adică nu se vor produce fenomene nemecanice. În acest caz, ca urmare a ciocnirii, la momentul t_3, mingea va căpăta viteza v_3, egală ca mărime și opusă ca sens vitezei v_2. Mișcîndu-se în sus, mingea va pierde această viteză, potrivit formulei: $v = v_3 - gt$, pînă cînd, la un moment $t_4 = v_3 g$, viteza ei va deveni nulă. Dacă mișcarea mingii nu va avea de întîmpinat rezistența mediului, aceasta se va întîmpla exact în punctul din care am lăsat mingea să cadă.

Să facem acum încercarea de a inversa procesul, adică de a-l sili să se desfășoare în sensul opus. Mingea noastră trebuie să parcurgă toate punctele prin care a fost, dar în ordine inversă; în fiecare dintre aceste puncte, ea trebuie să aibă o viteză egală ca mărime cu cea din desfășurarea precedentă, dar de sens contrar. Procesul analizat mai sus se termină prin aceea că mingea se mișca în sus, din ce în ce mai încet. Înseamnă că trebuie să o lăsăm să cadă încet. Treptat, mingea se va lăsa în jos, tot mai repede, pînă cînd va atinge viteza v_3, dar cu semnul contrar. Apoi trebuie să se desfășoare în ordinea inversă prima fază a mișcării mingii. În prima fază mingea a căzut, înseamnă că acum ea trebuie să se miște în sus.

Se observă ușor că, efectuînd această mișcare în sens invers, nu facem decît să o repetăm. $v_4 = v_1$, deoarece ambele viteze sînt egale cu zero, v_3 este egal cu v_2 și de semn contrar, deci repetarea procesului poate fi considerată ca inversarea lui.

Scanned with OKEN Scanner

Aceasta se întîmplă și în multe alte cazuri de mișcări mecanice. De exemplu, salutați pe cineva strîngîndu-i mîna și apoi hotărîți să efectuați mișcarea mîinilor în sens invers. Se constată ușor că pentru aceasta nu trebuie decît să repetați strîngerea de mînă.

Este semnificativ că această inversare a proceselor în cazul fenomenelor mecanice se poate produce de la sine, fără nici un amestec din exterior. În momentul cînd s-a ridicat pînă în punctul unde viteza ei se anulează, mingea va reîncepe să cadă de la sine. Acțiunea din exterior este necesară pentru a preîntîmpina această inversare. Dacă vom prinde mingea și o vom băga în buzunar, inversarea, bineînțeles nu va avea loc. Inversarea procesului nu este totdeauna legată de repetarea lui. Repetarea se poate obține numai în cazul cînd în mișcarea pe care vrem s-o inversăm există o întoarcere, o schimbare a sensului vitezei. În general însă, repetarea nu este obligatorie. De exemplu, dacă vom inversa mișcarea Lunii în jurul Pămîntului, nu înseamnă că Luna va repeta mișcările ei anterioare. Un observator de pe Pămînt va vedea că ea răsare în locul unde apunea înainte și-și va da seama astfel de schimbare. Orbita mișcării Lunii va rămîne însă cea veche. Atît mișcarea directă a Lunii cît și mișcarea ei retrogradă vor fi în concordanță cu legile mecanicii. De aceea, riguros vorbind, nici nu am putea să decidem care dintre aceste mișcări este „directă" și care „retrogradă". Dacă s-ar inversa mișcarea Pămîntului, Soarele ar răsări în vest (pe care l-am denumi atunci, bineînțeles, est) și ar apune în est (pe care l-am denumi vest). Însă estul în raport cu vestul este vestul în raport cu estul. În cazul unei astfel de inversări a mișcării Pămîntului, am putea lăsa neschimbate chiar și denumirile punctelor cardinale. De aceea nu se poate stabili care dintre sensurile timpului ar corespunde mișcării „adevărate" a Pămîntului, în condițiile căreia Soarele ar răsări în estul „autentic".

Reversibilitatea fenomenelor mecanice își găsește expresia matematică în faptul că legea fundamentală a acestor fenomene — principiul al doilea al lui Newton — este o ecuație de ordinul al doilea, în raport cu timpul:

$$F = m\frac{d^2x}{dt^2}.$$

Dacă vom înlocui în această ecuație pe t prin $-t$, ea nu se va schimba. Așadar, ea definește fenomene care se pot desfășura atît într-un sens cît și în celălalt.

Scanned with OKEN Scanner

De aceea, descrierea fenomenelor mecanice prin mijloacele teoriei actuale nu poate fi folosită ca atare pentru determinarea sensului timpului.

Să trecem la analiza altor fenomene, pe care le studiază termodinamica şi fizica statistică. Aici observăm imediat că aceste fenomene se desfăşoară într-un anumit sens unic. Căldura trece spontan de la un corp mai încălzit la unul mai puţin încălzit. Dacă vom aşeza într-un vas cu un perete despărţitor două gaze diferite şi vom îndepărta apoi peretele despărţitor, gazele vor începe să se amestece. Nimeni nu a observat încă procesul invers. adică despărţirea spontană a gazelor amestecate în vas. Există o tendinţă generală de amestecare, de nivelare. În cazul punerii în contact a două gaze se egalizează densităţile şi presiunile lor, iar în amestec se stabileşte densitatea medie, ca şi presiunea medie. În cazul trecerii căldurii de la un corp la altul, se egalizează temperaturile. Corpul mai cald se răceşte, iar cel care este mai puţin cald se încălzeşte. Din punctul de vedere al teoriei cinetice moleculare, căldura este un rezultat al mişcării haotice a moleculelor, a cărei energie medie determină temperatura corpului. Trecerea căldurii de la un corp la altul va însemna egalizarea vitezelor acestor molecule.

Mărimea care defineşte măsura acestei egalizări este denumită *entropie*. În termodinamică şi în fizica statistică există o lege generală, principiul al doilea al termodinamicii, după care procesele ce au loc în sistemele închise conduc la o creştere a entropiei.

Desigur, putem realiza în cutare sau cutare sistem o descreştere a entropiei, de exemplu folosind în acest scop un frigider în care apare o diferenţă de temperatură. Dar scăderea entropiei într-un sistem dat poate fi obţinută numai mărind-o (entropia) şi mai mult într-un alt sistem. Procesul descreşterii entropiei nu se produce spontan, de la sine. Aşadar, spre deosebire de fenomenele mecanice, procesele termodinamice par să ne ofere posibilitatea de a stabili sensul timpului Dat fiind că entropia variază într-un singur sens — în sensul creşterii ei — putem da următoarea definiţie sensului timpului. Vom nota cu S entropia lumii înconjurătoare. Să admitem că la momentul t_1 această entropie este egală cu S_1, iar la momentul t_2 cu S_2. Dacă $S_1 < S_2$ atunci t_1 este anterior lui t_2.

Această definiţie a sensului timpului va fi însă pur empirică. Am constatat faptul că entropia creşte, dar n-am stabilit de ce anume.

Scanned with OKEN Scanner

Eminentul fizician austriac L. Boltzmann a dat o interpretare statistică acestui fenomen. Conform teoriei lui Boltzmann, un sistem de molecule ale unui gaz care ocupă numai o parte din volumul unui vas fără pereți despărțitori este mai puțin probabil decît un sistem care umple tot volumul. Tot astfel, este mai puțin probabil ca moleculele aflate într-o parte a vasului să aibă o viteză mai mare, iar moleculele dintr-o altă parte, o viteză mai mică decît repartiția uniformă a vitezelor între molecule. Așadar, procesul în care entropia sistemului crește se interpretează ca fiind o trecere de la o stare de probabilitate mai mică la o stare a cărei probabilitate este mai mare. Dar probabilitatea este o caracteristică a evenimentelor aleatorii. În teoria lui Boltzmann, mișcările moleculelor sînt considerate pur haotice, întîmplătoare. Molecula nimerește din întîmplare în cutare sau cutare loc, capătă întîmplător o viteză sau alta. Aceasta ne dă o bază pentru a lega creșterea entropiei, deci și sensul timpului, de existența hazardului.

Acest punct de vedere este susținut, bunăoară, de Max Born. „Exemplul gazelor ne-a arătat că introducerea hazardului și a probabilității în legile de mișcare distruge reversibilitatea care le este inerentă sau, cu alte cuvinte, ne conduce la o concepție a timpului avînd un sens determinat . . .“[3].

Ce este hazardul, întîmplarea? După Born, hazardul este un rezultat al ignoranței noastre, un rezultat al imposibilității de a urmări mișcarea fiecărei particule. În felul acesta reiese că „prin urmare, ireversibilitatea este o consecință a introducerii explicite a ignoranței în legile fundamentale“[4].

Concluzia aceasta este cu totul absurdă. Reiese că reversibilitatea fenomenelor ar fi determinată de nivelul cunoștințelor noastre. Proprietățile lumii sînt determinate de subiectul cunoscător. De ce s-a ajuns la această concluzie?

Pentru a pune în evidență eroarea din raționamentul lui Born, vom analiza premisele pe care acest raționament este construit. Born folosește trei teze fundamentale: 1) creșterea entropiei conduce la posibilitatea de a defini sensul timpului; 2) creșterea entropiei poate fi interpretată statistic ca o trecere de la o stare mai puțin probabilă la una mai probabilă; 3) probabilitatea definește măsura ignoranței noastre în legătură cu evenimentele. S

---

[3] Max Born, *Natural Philosophy of Cause and Chance*, Oxford, 1949, p. 71.

[4] *Ibidem*, p. 72.

Scanned with OKEN Scanner

În primul rînd, a treia teză este total greşită. Nu depinde de nivelul cunoştinţelor noastre dacă cutare sau cutare fenomen este întîmplător sau necesar.

Să ne închipuim că aruncăm un zar în formă de cub. Că acest zar va cădea cu o anumită faţă în sus — să zicem cea pe care sînt marcate trei puncte — este un eveniment aleatoriu. Probabilitatea acestui eveniment aleatoriu este de 1/6. De ce? Pentru că noi cunoaştem în proporţie de 1/6 toate circumstanţele legate de acest eveniment? Nicidecum. Pentru că acestea sînt proprietăţile de simetrie ale cubului. El are şase feţe şi în cazul cînd cubul este omogen, fiecare faţă are aceeaşi probabilitate de a nimeri deasupra în cazul aruncării cubului. Să aruncăm acum o monedă. Probabilitatea ca ea să cadă cu stema în sus este de 1/2 şi nu pentru că noi ştim despre acest eveniment de trei ori mai mult, ci pentru că moneda are două feţe. Dacă vom recurge la metoda statistică de definire a probabilităţii, observînd frecvenţa apariţiei unui anumit eveniment într-un şir concret (de exemplu într-o serie de aruncări, frecvenţa apariţiei unei anumite feţe a zarului sau unei anumite feţe a monedei), atunci caracterul obiectiv al probabilităţii este de asemenea clar, deoarece frecvenţa nu depinde cîtuşi de puţin de nivelul cunoştinţelor noastre. Oricît am cunoaşte noi, aceasta nu poate schimba faptul că stema va nimeri deasupra, aproximativ în jumătate din totalul numărului de aruncări ale monedei.

Dat fiind că probabilitatea este o caracteristică obiectivă a evenimentelor, concluzia lui Born, după care ireversibilitatea este o consecinţă a introducerii ignoranţei în legile fizicii, îşi pierde orice sens.

Dar care este situaţia celorlalte două teze care prezintă interes ca atare? Ne dau oare creşterea entropiei şi interpretarea ei statistică un fundament pentru a defini univoc sensul curgerii timpului? Dacă fenomenul creşterii entropiei ar fi o lege dinamică, adică o lege care nu admite nici un fel de abateri, nu ar mai încăpea aici nici o îndoială. Creşterea monotonă a entropiei ar oferi un criteriu clar pentru definirea sensului timpului.

Dar interpretarea statistică a entropiei ne conduce la o seamă de îndoieli. Una dintre ele este legată de aşa-numitul paradox al sensului statistic, enunţat de Loschmidt încă în 1876. Teoria lui Boltzmann, care stabileşte ireversibilitatea în lumea macrofenomenelor, presupune totodată că mişcarea fiecărei particule în parte este determinată, în ultimă instanţă, de legile mecanicii şi, de aceea, reversibilă. O moleculă care se

Scanned with OKEN Scanner

mișcă într-un sens se poate mișca și în sensul contrar, cu viteza cu semn schimbat. În aceste condiții, conform legii distribuției vitezelor a lui Maxwell-Gibbs, vitezele cu semn schimbat au aceeași probabilitate ca și vitezele directe. Să presupunem că, într-un amestec de gaze, să zicem de azot și de oxigen, toate vitezele tuturor moleculelor și-au inversat sensul ; atunci gazele se vor despărți spontan. În adevăr, în acest caz, moleculele se vor mișca în sensul opus celui care conduce la amestecarea gazelor. Aceasta va însemna o despărțire a gazelor, iar în aceste condiții entropia descrește.
Analizînd acest paradox, Boltzmann admite posibilitatea unei astfel de abateri de la procesul normal, pe care o numește fluctuație. Probabilitatea fluctuației este foarte mică, dar diferită de zero. Totuși, această probabilitate foarte mică a fluctuațiilor conduce la dificultăți serioase în definirea sensului curgerii timpului.

2. Soluția lui H. Reichenbach în problema ireversibilității timpului

Dificultățile amintite mai sus sînt analizate amănunțit în ampla monografie *The Direction of Time*, scrisă de cunoscutul filozof pozitivist Hans Reichenbach, decedat recent. Dat fiind că Reichenbach este considerat în apus drept unul dintre autorii cu mare prestigiu în problemele filozofice ale fizicii, iar monografia sa este consacrată în mod special problemei definirii sensului curgerii timpului, vom insista mai îndeaproape asupra analizei și criticii concepțiilor sale.
Examinînd dificultățile menționate mai sus, Reichenbach desenează următorul grafic (fig. 14).

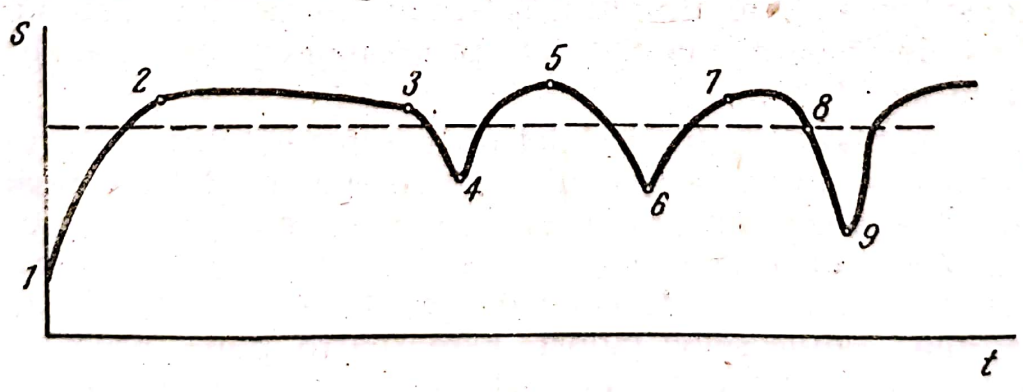


Figura 14

Entropia crește de la punctul 1 pînă la punctul 2, unde își atinge maximul. În punctele 4; 6 și 9 au loc fluctuații. Fie sensul curgerii timpului cunoscut și fie dată valoarea S_1 la

momentul t_1. Va fi oare valoarea entropiei la un alt moment t_2, separat de primul prin intervalul Δt, mai mare sau mai mică ?

Boltzmann, iar după el soţii Ehrenfest au arătat că dacă Δt este destul de mare, atunci este mai probabil ca S_2 să fie mai mare, indiferent de sensul în care măsurăm pe Δt, adică indiferent dacă t_2 este anterior sau ulterior lui t_1.

Ajungem la o situaţie analogă celei dintr-o vale, în care un om urcă, indiferent dacă el merge înainte sau înapoi. De aceea, dacă ştim numai că la momentul t_2 entropia este mai mare decît în momentul t_1, nu putem decide care din aceste stări este anterioară şi care ulterioară.

Reichenbach vede ieşirea din această situaţie în trecerea de la considerarea unui sistem izolat, la considerarea mai multor sisteme. În practică întîlnim frecvent cazuri cînd entropia unui sistem scade, de exemplu într-un pahar de apă care se răceşte apar bucăţele de gheaţă, sau atunci cînd ia foc un copac apare o diferenţă de temperatură. Aceste procese au loc totdeauna în subsisteme care sînt părţi componente ale unor sisteme mai mari, în care se produce concomitent o creştere a entropiei. De exemplu, procesele chimice care se desfăşoară în cazul cînd ia foc copacul conduc la o creştere a entropiei. Este însă important de menţionat că sistemele aduse într-o stare de entropie joasă trec apoi în mod spontan, în majoritatea covîrşitoare a cazurilor, la o stare cu entropie mai mare. După Reichenbach, definirea sensului timpului trebuie legată de acest fapt empiric. În acest scop, trebuie să considerăm, nu un sistem izolat în timp, nu un *ansamblu temporal*, ci o mulţime de sisteme relativ izolate în spaţiu, un *ansamblu spaţial*.

Atunci sensul pozitiv al timpului se defineşte ca fiind „sensul în care se desfăşoară majoritatea proceselor termodinamice în sistemele izolate“ [5].

După ce cercetează problema definirii sensului timpului în termodinamică şi în statistica microfenomenelor, Reichenbach trece apoi la analiza sensului în care curge timpul în macrofenomene. Aici, el descoperă o analogie cu microstatistica. Amestecarea unui pachet de cărţi de joc duce la o distribuţie mai uniformă a diverselor culori. Este foarte puţin probabil ca în urma amestecului să obţinem o ordine riguroasă, de exemplu întîi cărţile de o culoare, apoi de-a doua etc. Aşadar,

[5] Hans Reichenbach, *The Direction of Time*, Berkeley and Los Angeles, 1956, p. 127.

Scanned with OKEN Scanner

amestecarea duce, ca și în cazul microfenomenelor, la dezordine, adică la creșterea entropiei. Ordinea, adică descreșterea entropiei, este un rezultat al unei acțiuni exterioare îndreptate spre un scop, de exemplu ordinea în distribuția cărților de joc poate fi realizată de un om sau de o mașină de triaj. Deosebirea față de microfenomene constă aici în faptul că amestecarea nu se face spontan. Pentru a amesteca un pachet de cărți de joc, este de asemenea nevoie de o acțiune din exterior. Aceasta are drept consecință că starea de ordine în lipsa unor acțiuni exterioare, se poate menține un timp îndelungat. După aceste stări ne putem face o idee despre cauzele care le-au precedat. Așadar, potrivit concepției lui Reichenbach apare posibilitatea explicării cauzale a evenimentelor. Această posibilitate este strîns legată de problema definirii sensului timpului. Ilustrînd această legătură, Reichenbach dă următorul exemplu. Am observat în nisip o amprentă slabă de forma unui picior omenesc. Dat fiind că această amprentă se conservă un timp destul de îndelungat îi putem da o explicație cauzală : în trecut, a umblat pe aici un om, iar acțiunea picioarelor sale asupra nisipului a generat amprenta. Apoi, sub influența vîntului, amprenta s-a nivelat. Pentru a descrie acest fenomen putem folosi și sensul invers al timpului. Atunci procesul se va prezenta astfel : la început a fost suprafața netedă a nisipului, apoi a început să sufle vîntul și a excavat o urmă a unui picior omenesc, întîi vagă, iar apoi distinctă. După aceea, a apărut, mergînd de-a-ndăratelea un om, a ajuns pînă la această amprentă, și-a pus piciorul în ea și urma a dispărut. Apoi, omul a plecat. Această succesiune de evenimente ne apare extrem de improbabilă. De ce ? Pentru că nu avem aici o explicație cauzală. Categoria de cauză este înlocuită prin categoria de scop. Vîntul suflă în așa fel încît să sape o adîncitură de o formă determinată. Omul apare pentru a distruge această adîncitură.

Din punctul de vedere al lui Reichenbach este lipsit de sens să întrebăm care dintre aceste explicații este cea adevărată. Descrierile cu ajutorul noțiunilor de cauză și de scop sînt echivalente.

Dar, raționează Reichenbach, dacă legăm sensul pozitiv al timpului de creșterea entropiei, trebuie să adoptăm și explicația cauzală, și nu pe cea finalistă. Totodată, explicația cauzală a fenomenelor presupune un sens determinat al timpului.

Analiza ulterioară a legăturii dintre relațiile cauzale și sensul timpului este efectuată de Reichenbach cu ajutorul noțiunii

Scanned with OKEN Scanner

de cauză generală. Dacă se produce o anumită coincidenţă puţin probabilă de evenimente, considerăm că ea a fost generată de o cauză comună. De exemplu, stingerea simultană a două becuri electrice este determinată cel mai probabil nu de faptul că s-au ars în acelaşi timp, ci, de exemplu, de o defecţiune a conductorului comun celor două becuri. Dacă o asemenea coincidenţă a evenimentelor este mai frecventă decît cazurile în care evenimentele sînt independente, atunci relaţiile dintre ele sînt exprimate sub forma unor scheme denumite de Reichenbach furci conjunctive. Existenţa unei cauze comune C a unor evenimente A şi B, poate fi exprimată sub forma schemei din fig. 15.

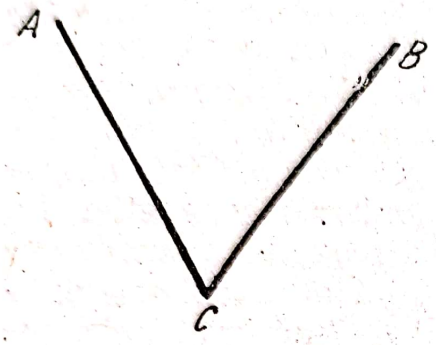


Figura 15.

Noţiunea inversă celei de cauză comună — efectul comun — se obţine cînd două cauze distincte A şi B, acţionînd simultan generează acelaşi efect E. De exemplu, focul şi vîntul provoacă împreună un incendiu. Aceasta se poate exprima prin schema din fig. 16.

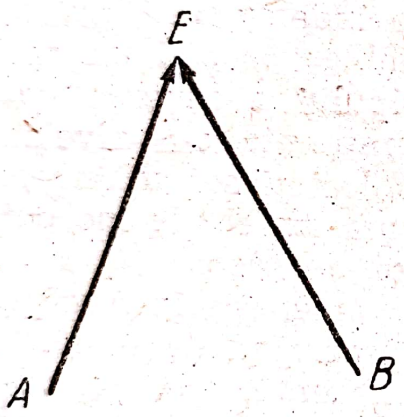


Figura 16.

În sfîrşit este posibil un al treilea caz, în care avem o cauză comună şi un efect comun. De exemplu, erupţia a două gheizere vecine (A şi B), determinată de cauza comună C, conduce la formarea unui singur nor deasupra lor, E. Este situaţia reprezentată prin schema din fig. 17.

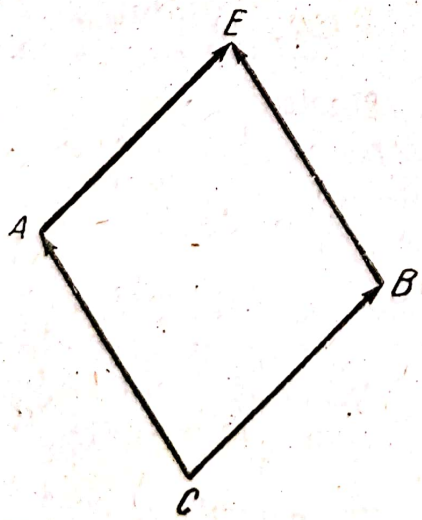


Figura 17.

După Reichenbach, schimbarea sensului timpului nu conduce la o simplă înlocuire a cauzei comune prin efectul comun, adică la convertirea schemei din fig. 15 la schema din fig. 16. În adevăr, existenţa cauzei comune C este pe deplin suficientă pentru ca să spunem că s-au produs cele două evenimente A şi B. Observînd deteriorarea conductorului prin care venea curentul la cele

Scanned with OKEN Scanner

două becuri, putem trage concluzia că amîndouă s-au stins. Alta este situaţia efectului comun. De exemplu, efectul comun al faptului că s-au stins ambele becuri va fi cufundarea în întuneric a camerei. Dar dacă ştim numai că în cameră este întuneric, putem oare trage concluzia că ambele becuri s-au stins? După Reichenbach, putem ajunge la o concluzie probabilă de acest fel, numai în cazul cînd am presupus existenţa becurilor şi a cauzei ultime comune, a faptului că s-au stins. Deoarece această concluzie se poate dovedi şi falsă, nu vorbim despre legătura necesară dintre evenimentele *A* şi *B*, ci numai despre legătura lor probabilă.

Aşadar, efectul comun leagă statistic evenimentele *A* şi *B*, atunci cînd presupunem o cauză comună şi cînd cauza comună leagă evenimentele între ele şi în cazul în care nu s-a produs nici un efect comun. Această asimetrie este folosită de Reichenbach pentru a defini sensul curgerii timpului. Fie dată o furcă conjunctivă. Dacă ea este o parte a unei scheme închise, ca în fig. 17, nu putem spune nimic în legătură cu anterioritatea unora dintre aceste fenomene. Dacă însă furca conjunctivă este deschisă într-o parte, atunci *C* va fi anterior lui *A* şi *B*. Aşadar, Reichenbach dă următoarea definiţie a sensului curgerii timpului :

„În furca conjunctivă *ACB*, deschisă într-o parte, *C* este anterior lui *A* sau *B*“[6].

Raţionamentele de mai sus ale lui Reichenbach arată că nu putem defini sensul timpului fără a ţine seama de cauzalitate. Trebuie să recurgem la analiza relaţiilor cauzale. În fapt, Reichenbach procedează tocmai astfel cînd trece, cum am descris mai sus, de la considerarea unui ansamblu temporal la un ansamblu spaţial de sisteme izolate, aduse într-o stare cu entropie joasă, ca rezultat al unei acţiuni cauzale. Mai departe, el caută să găsească în relaţiile dintre cauză şi efect particularităţi care să fie legate de ireversibilitatea fenomenelor.

Dar deşi raţionamentele lui Reichenbach prezintă anumite elemente deterministe, el este în ansamblu indeterminist, motiv pentru care poziţia sa este inconsecventă. El ia poziţie împotriva determinismului nu numai în mecanica cuantică, ci chiar şi în fizica clasică. După concepţia sa, fizica clasică nu numai că nu demonstrează determinismul, ci nici măcar nu-l presupune. „Nu există nici un singur capitol în fizică în care determinismul să fie folosit ca o premisă inevitabilă.

---

[6] Hans Reichenbach, *op. cit.*, p. 162.

Scanned with OKEN Scanner

Se presupun doar unele proprietăţi de convergenţă, dar ele pot fi tot atît de bine satisfăcute şi în cazul cînd nu avem nici un fel de descriere finită"[7]. Reichenbach menţionează cu satisfacţie că a criticat determinismul în fizica clasică încă înaintea apariţiei mecanicii cuantice.

Cum putem vorbi, în acest caz, despre cauzalitate? După Reichenbach, aceasta se poate face într-un anumit sens statistic. Cauza nu determină necesarmente efectul, ci condiţionează doar o anumită probabilitate a apariţiei lui. Într-o altă lucrare, caracterizînd principiul cauzalităţii din fizica clasică, el scrie că „din experimente de acest gen, deducem că probabilitatea *P* poate fi apropiată de valoarea 1, oricît de mult vrem, prin introducerea unor noi parametrii în analiza stărilor fizice. Aceasta este forma în care trebuie să enunţăm principiul cauzalităţii, dacă el are o semnificaţie fizică"[8].

Dar poate că acest principiu nici nu are semnificaţie fizică. Şi dacă da, atunci probabilitatea egală cu 1 nu se realizează oricum. Dar chiar dacă vom presupune că ea s-a realizat, aceasta nu va însemna o relaţie necesară. Reichenbach vorbeşte despre aceasta în cartea sa: *The Theory of Probability*. El scrie că în cazul unui şir infinit de evenimente, probabilitatea egală cu 1 nu înseamnă necesitatea producerii cutărui eveniment, după cum probabilitatea egală cu 0 nu înseamnă imposibilitatea lui[9].

Prin urmare, cauzalitatea este un caz particular al relaţiilor aleatorii, despre care se poate vorbi numai atunci cînd se observă o relativă stabilitate a stărilor.

Dacă însă, după cum arată chiar Reichenbach, definiţiile statistice date anterior pentru sensul curgerii timpului nu sînt legitime, atunci se poate spune în principiu acelaşi lucru şi despre definiţiile cauzale ale lui Reichenbach.

În primul rînd, îşi pierde sensul trecerea de la ansamblul temporal la cel spaţial, care joacă un rol important în raţionamentele lui Reichenbach. Dacă vom concepe cauzalitatea statistic, atunci descreşterea entropiei şi stabilirea ordinii într-o parte a unui sistem mai cuprinzător, a cărui entropie creşte în acest timp, de exemplu apariţia unei diferenţe de temperatură între corpul unui mamifer şi mediu, va trebui considerată ca o abatere aleatorie de la normă, ca o fluctuaţie.

---

[7] Hans Reichenbach, *op. cit.*, p. 95.
[8] Idem, *Philosophic Foundation of Quantum Mechanics*, Berkeley and Los Angeles, 1946, p. 2.
[9] Vezi Hans Reichenbach, *The Theory of Probability*, Berkeley and Los Angeles, 1949, § 80.

Scanned with OKEN Scanner

Dar, în acest caz, nu se poate spune dinainte că astfel de fluctuaţii se vor produce. În anumite condiţii însă, ele apar cu necesitate, deoarece sînt rezultatul acţiunii unor legi naturale bine determinate.

Dacă vom considera drept fluctuaţie descreşterea entropiei rezultate dintr-o interacţiune, atunci la fiecare moment dat nu avem suficiente motive să considerăm că fluctuaţia s-a terminat. Putem admite atît o creştere a entropiei, cît şi descreşterea ei în continuare. Să considerăm două fluctuaţii (fig. 18, 19). În cazul reprezentat în fig. 18, după parcurgerea punctului A se observă o creştere a entropiei, iar în cazul din fig. 19,

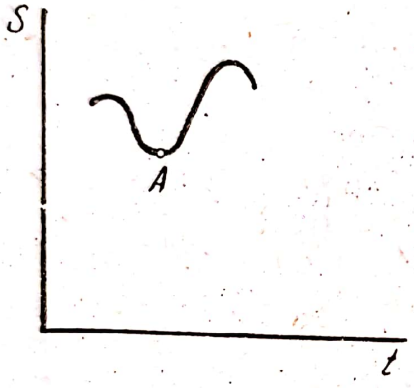


Figura 18

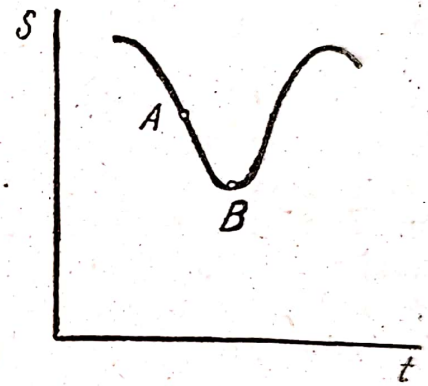


Figura 19

trecerea prin punctul A conduce la descreşterea ei şi mai departe. Creşterea începe dincolo de punctul B. Aşadar, sensul procesului depinde de punctul pe care-l adoptăm ca punct iniţial. Cum se mai poate vorbi, atunci, despre un sens al proceselor în majoritatea covîrşitoare a cazurilor? Trecerea de la ansamblul temporal la cel spaţial devine imposibilă. Lucrurile stau altfel dacă vom considera acţiunea cauzală în mod dinamic, dacă vom trece de la indeterminism la determinism. Atunci punctul de la care trebuie să începem studiul sensului desfăşurării spontane a procesului este determinat univoc de sfîrşitul acţiunii cauzei. După aceea, este posibil în general ca entropia să scadă în continuare, dar practica ne arată că în majoritatea covîrşitoare a cazurilor aceasta nu se întîmplă.

Vedem cum concepţia lui Reichenbach asupra cauzalităţii nu este potrivită nici măcar pentru analiza trecerii de la ansamblul temporal la cel spaţial. Defectele acestei concepţii se manifestă şi mai clar atunci cînd Reichenbach foloseşte direct relaţiile cauzale pentru a defini sensul curgerii timpului. Aici trebuie menţionat, în primul rînd, că la Reichenbach cauza şi efectul sînt despărţite în timp. El înţelege prin cauză o stare a cărei existenţă determină cu un mare grad

Scanned with OKEN Scanner

de probabilitate o anumită altă stare (efectul), după un interval de timp anumit. Dar, în acest caz, dispare deosebirea dintre categoriile de cauză și de scop, dintre determinism și teleologie, pe care Reichenbach încearcă să o folosească pentru a defini sensul timpului.

Să luăm încă un exemplu. Un om a trecut și a lăsat o urmă în nisip. Aici, poziția omului înainte de a fi trecut pe nisip este cauza, iar urma este efectul. După Reichenbach, această descriere este cauzală. Ea ne dă răspunsul la întrebarea : de ce a apărut urma ?

Alta este situația descrierii cu curgerea inversă a timpului: omul merge de-a-ndăratelea, pune piciorul în urmă și o distruge. Aici avem de-a face, din punctul de vedere al lui Reichenbach, cu teleologia : răspunsul la întrebarea pentru ce, în ce scop umblă omul. Dar să admitem că a doua descriere poate fi considerată și cauzală. Urma a dispărut pentru că un om și-a pus piciorul în ea. Atunci prima descriere poate fi considerată teleologică : omul merge înainte cu scopul special de a lăsa o urmă tocmai în locul respectiv, și nu în altul. Probabilitatea ca omul să pună piciorul într-un loc riguros determinat, mergînd normal sau dea-ndăratelea, este în general aceeași. Din această cauză, în ambele cazuri, atît pentru curgerea directă a timpului, cît și pentru cea inversă, avem o singură stare a cărei existență definește cu o anumită probabilitate cealaltă stare, adică în ambele cazuri avem o conexiune cauzală. Totodată, ambele cazuri pot fi considerate și ca descrieri teleologice. Criteriul obișnuit al conexiunii cauzale — cauza este în trecut, iar efectul în viitor — este aici inaplicabil, deoarece relația cauzală este folosită tocmai pentru a defini sensul curgerii timpului.

Așadar, Reichenbach nu are un fundament datorită căruia să poată distinge cauza și scopul. Aceasta face ca referirea sa la relația cauzală în definiția sensului timpului, să fie inconsistentă, ca și raționamentele sale legate de noțiunea de cauză comună. Între cauzalitate și sensul curgerii timpului există o legătură profundă, dar aceasta are cu totul altă semnificație decît cea pe care i-o atribuie Reichenbach.

În adevăr, conform celor arătate mai sus, efectul comun E poate fi considerat, în cazul inversării timpului, drept cauză comună C. După cum recunoaște și Reichenbach, nu există nici un fel de deosebiri formale între cauza comună și efectul comun ca atare. Întregul raționament referitor la asimetria sensurilor timpului se întemeiază pe deosebirea dintre noțiunile de cauză și de scop. Dat fiind că Reichenbach nu dispune

Scanned with OKEN Scanner

de un criteriu clar pentru a despărți una de cealaltă, raționamentul său rămîne în aer. De ce să nu considerăm întunericul din cameră drept cauză a stingerii becurilor sau norul comun drept cauză a erupției simultane a celor două gheizere. Acestea sînt fapte care ne dau o rațiune suficientă pentru a considera că după un anumit interval de timp vor trebui să aibă loc alte evenimente. Și nu este de loc obligatoriu să știm ce anume va fi cauza comună a evenimentelor în condițiile curgerii directe, „normale" a timpului. Așadar, efectul comun leagă între ele evenimentele și atunci cînd nu presupunem nici o cauză comună. Inversarea schemei din fig. 16 ne conduce la schema din fig. 15.

Deoarece efectul poate fi considerat drept cauză, singura deosebire dintre cele două furci conjunctive va fi, în acest caz, numai aceea că furca va avea o dată deschiderea spre trecut, iar cealaltă dată, spre viitor. Și dacă este așa, această deosebire nu poate fi folosită pentru a defini sensul curgerii timpului. Așadar, definiția lui Reichenbach „în furca conjunctivă *ACD*, deschisă într-o parte, *C* este anterior lui *A* sau lui *B*" conține un cerc vicios.

3. Interpretarea materialist-dialectică a conexiunii cauzale — baza rezolvării problemei ireversibilității timpului

Relația cauzală poate fi folosită pentru definirea sensului timpului numai în cazul cînd vom concepe cauza ca pe un fenomen care nu determină doar o anumită probabilitate a apariției efectului, ci provoacă cu necesitate efectul.

În capitolul *Principiul cauzalității și rolul său în cunoașterea naturii* s-a arătat că noțiunea de cauză conține în calitate de elemente principale atît activitatea în raport cu efectul, cît și necesitatea.

Să revenim la exemplul nostru cu urma în nisip. Momentul hotărîtor în acest exemplu este cel al acțiunii piciorului asupra nisipului. Această acțiune deformează nisipul. Tocmai aici avem relația cauzală. Nisipul se deformează în urma mișcării piciorului. Nisipul, mai ales dacă este destul de umed, conservă un timp destul de îndelungat rezultatul acestei acțiuni. Așadar, în condițiile mersului „direct" al timpului, avem de-a face efectiv cu o relație cauzală. Ce se va întîmpla în cazul mersului contrar? Cît timp omul umblă de-a-ndăratelea și pășește în urmă, nu avem nici o încălcare a relației cauzale,

nici o înlocuire a ei printr-una teleologică. Totul constă în intervalul de timp, invers față de timpul acțiunii cauzale de mai sus, adică în intervalul de timp în care omul va retrage piciorul din urmă. Ce se va întîmpla cu nisipul? Dacă nisipul a păstrat forma urmei pînă în momentul cînd omul și-a pus piciorul în ea, de ce dispare această formă după aceea?

Ca și înainte, partea activă este aici mișcarea piciorului. Numai că în acest caz piciorul se mișcă în sus. El nu exercită o acțiune asupra nisipului. Totodată, aici nu avem nici acțiunea vîntului, nici elasticitatea mediului, nici alți factori cauzali. Cum poate deci să se umple urma cu nisip cînd piciorul se mișcă în sus? Este cît se poate de clar că admiterea acestui proces ne conduce la o anomalie cauzală vădită. Aici nu avem nici cauză, nici scop. Scopul este totdeauna în viitor, pe cînd nisipul umple adîncitura concomitent cu mișcarea piciorului. Prin urmare, numai legînd în timp cauza și efectul putem folosi principiul cauzalității pentru a defini sensul în care curge timpul. În cazul unui sens, principiul este respectat, pe cînd în celălalt nu. Recunoașterea principiului cauzalității ne conduce, așadar, la o definiție a sensului timpului.

Dar am analizat numai un caz particular de relație cauzală, în care rezultatul acțiunii cauzei se conservă aproape neschimbat un timp destul de îndelungat. Reichenbach consideră că la aceasta se reduce orice conexiune cauzală. Dar nu este nici pe departe așa. Rezultatul acțiunii cauzei dispare adesea repede, și nu numai sub acțiunea unor factori exteriori. Să admitem că omul nostru nu pășește pe nisip, ci, să zicem, pe cauciuc. Sub această acțiune, cauciucul se va încovoia, după care va reveni la loc și nu va rămîne nici o urmă. În cazul mersului invers al timpului, nu vom ajunge la nici o anomalie cauzală. Mergînd de-a-ndăratelea, omul pune piciorele pe cauciuc și acesta revine apoi, exact cum a revenit și în cazul curgerii „directe“ a timpului.

Dacă vom considera drept cauză presiunea pe care o exercită piciorul asupra cauciucului, iar drept efect deformarea cauciucului vom ajunge la tabloul reprezentat în fig. 20. În prima etapă, cauza, adică presiunea, crește. Totodată crește și efectul, adică deformația. Apoi, cînd omul ridică piciorul, presiunea descrește, deformația descrește și ea, pînă în momentul cînd ambele se anulează. Schema din fig. 20 este simetrică în raport cu timpul, deci conexiunea cauzală reprezentată aici nu poate fi folosită pentru a defini relația anterior-ulterior.

Scanned with OKEN Scanner

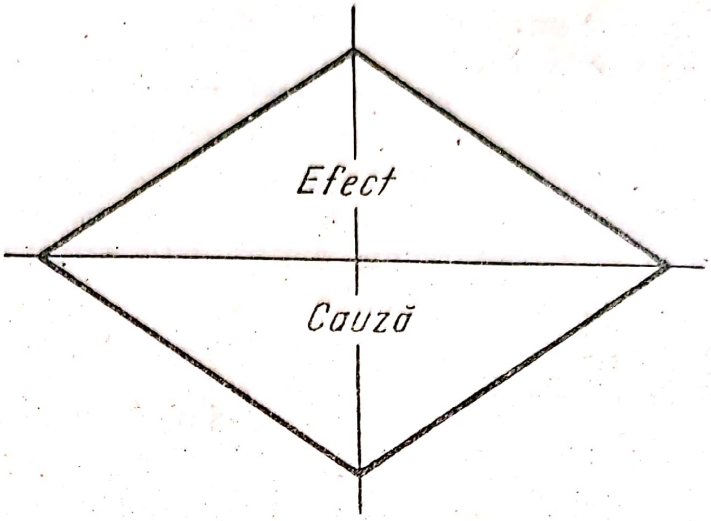


Figura 20

Există și alte scheme simetrice. De exemplu, în cazul cînd în prima etapă cauza și efectul slăbesc, pentru a se intensifica într-a doua (fig. 21).

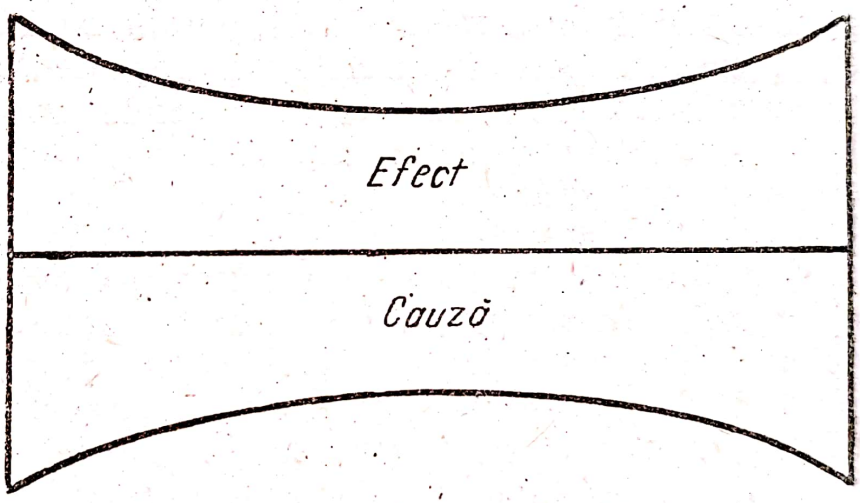


Figura 21

Sau, atunci cînd și una, și cealaltă își păstrează intensitatea constantă în tot cursul procesului considerat (fig. 22).

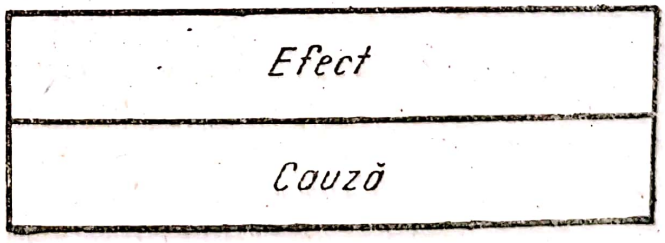


Figura 22

Existența relațiilor de simetrie dintre cauză și efect rezultă chiar din faptul că fenomenele mecanice sînt în aceeași măsură determinate cauzal ca și orice alte fenomene. Și după cum am arătat mai sus, aceste fenomene sînt reversibile, cu ajutorul descrierii lor nu putem defini sensul curgerii tim-

Scanned with OKEN Scanner

pului. Dar, care este regula generală şi care-i excepţia de la această regulă ?

Pentru rezolvarea acestei probleme să considerăm mai amănunţit relaţiile dintre cauză şi efect. Punctul de vedere metafizic asupra cauzalităţii, care este susţinut, între alţii, de Reichenbach, izolează cauza de efect.

Pentru metafizician, cauza este numai cauză şi efectul numai efect. Contrariile nu trec unul în altul. Dar încă Hegel a menţionat în mod just : „cauza, în aceeaşi relaţie în care este cauză, este totodată şi efect, iar efectul în aceeaşi relaţie în care est efect, este totodată şi cauză“[10].

Ideea reciprocităţii relaţiei dintre cauză şi efect a fost subliniată în repetate rînduri de Engels şi de Lenin. În *Anti-Dühring*, criticînd concepţia metafizică asupra relaţiei dintre cauză şi efect, Engels scrie : „...vedem de asemenea că reprezentările de cauză şi efect sînt valabile ca atare numai cînd sînt aplicate la un caz izolat, dar că, de îndată ce privim cazul izolat în conexiunea sa generală cu lumea în întregul ei, ele se contopesc, se împletesc în reprezentarea interacţiunii universale în care cauzele şi efectele îşi schimbă mereu locul, ceea ce este acum sau aici efect devine dincolo sau atunci cauză, şi invers“[11].

În *Dialectica naturii*, Engels remarcă „(La Grove, toată neînţelegerea în ce priveşte cauzalitatea provine din faptul că el nu ştie să mînuiască categoria interacţiunii. El sesizează obiectul, dar nu şi ideea abstractă ; de aci confuzia...). Numai plecînd de la această interacţiune universală ajungem la adevăratul raport de cauzalitate“[12].

În această formulare, Engels subliniază aspectul de interacţiune cu „lumea în întregul ei“, dar aceasta nu exclude ci, dimpotrivă, presupune şi interacţiunea dintre cauză şi efect luate separat. Faptul că Engels avea în vedere şi o astfel de interacţiune reiese clar din scrisoarea adresată de el lui F. Mehring la 14. VII. 1892. Aici, criticîndu-i pe ideologii care consideră că marxismul ar nega acţiunea exercitată asupra istoriei de diversele domenii ale ideologiei, Engels scrie : „La baza acestora stă o reprezentare şablon, nedialectică, asupra cauzei şi efectului ca despre doi poli invariabil opuşi şi se scapă total din vedere interacţiunea lor. Aceşti domni uită adesea în mod intenţionat faptul că, de îndată

---

[10] Hegel, *Opere, vol.* I, Gosizdat, M., p. 259.
[11] F. Engels, *Anti-Dühring*, E.S.P.L.P., Bucureşti, 1955, p. 30.
[12] Idem, *Dialectica naturii*, p. 213.

ce un fenomen istoric este trezit la viaţă de altele, în ultimă analiză de cauze economice, acţionează şi el asupra mediului înconjurător şi poate chiar să exercite o influenţă inversă asupra cauzei care i-a dat naştere“[13].

Influenţa inversă a efectului asupra cauzei care l-a generat poate fi ilustrată nu numai cu ajutorul unor exemple din viaţa socială, ci şi prin numeroase fapte din domeniul fizicii şi al altor ştiinţe ale naturii. Unul dintre cele mai pregnante fapte de acest fel este inducţia proprie, de care ne-am mai ocupat în capitolul *Principiul cauzalităţii şi rolul său în cunoaşterea naturii.*

Thor Heyerdahl şi tovarăşii săi de drum, care au pornit în celebra lor navigaţie pe Oceanul Pacific cu pluta Kon-Tiki, au observat la începutul călătoriei că trunchiurile de balsa, din care era confecţionată pluta, se îmbibă cu apă. O bucată de lemn îmbibată cu apă devine atît de grea încît, încetul cu încetul, se scufundă. Dar îmbibarea cu apă a lemnului l-a făcut mai dens, împiedicînd absorbirea ulterioară a apei. În felul acesta, într-o anumită etapă, îmbibarea s-a oprit, ceea ce le-a dat posibilitatea să-şi termine călătoria.

În domeniul chimiei găsim de asemenea influenţa inversă a efectului asupra cauzei care l-a generat. Tocmai în aceasta constă cunoscutul principiu al lui Le Chatelier. Dacă asupra unui sistem aflat în echilibru acţionează un factor exterior, atunci rezultatul acestei acţiuni, adică schimbarea stării de echilibru, se produce în aşa fel încît se opune factorului exterior.

De exemplu, dacă încălzim un sistem în echilibru format din apă şi din vapori, aceasta determină o intensificare a evaporării. Ceea ce, la rîndul său, frînează creşterea temperaturii. În exemplele noastre, acţiunea inversă a efectului asupra cauzei care-i dă naştere, conduce la o slăbire a cauzei. Dar sînt posibile şi cazuri cînd efectul întăreşte cauza. Să luăm exemplul curentului în gaze. Creşterea intensităţii curentului măreşte conductibilitatea, iar creşterea conductibilităţii determină, la rîndul ei, o nouă creştere a curentului. Un fenomen analog se poate constata în cazul surpărilor din munţi. În mişcarea lor, pietrele înfrîng rezistenţa altor pietre şi aceasta intensifică mişcarea de ansamblu.

Influenţa de frînare exercitată de efect asupra cauzei determină stabilitatea sistemului, echilibrul său stabil. Le Chate-

---

[13] K. Marx, F. Engels, *Scrisori alese,* Gospolitizdat, 1953, pp. 463—464, (ed. rusă).

Scanned with OKEN Scanner

lier a folosit acest fapt pentru a defini noţiunea de echilibru termodinamic.

Echilibrul stabil este conceput de el ca „o stare în care orice acţiune mică generează o reacţie, tinzînd să readucă sistemul la starea sa iniţială“[14].

Dar echilibrul nu trebuie neapărat să fie stabil. Starea de echilibru instabil se caracterizează prin faptul că acţiunea inversă a cauzei întăreşte cauza care scoate sistemul din starea de echilibru. Aceasta este, de exemplu, starea zăpezii din munţi înaintea unei avalanşe.

Un model bun pentru diversele tipuri de echilibru este pendulul cu suspensie rigidă. Un astfel de pendul are două poziţii de echilibru : prima, cînd suspensia este orientată vertical în jos faţă de punctul de fixare şi a doua, cînd este orientată vertical în sus. Primul echilibru este stabil. Abaterea de la el generează o forţă care acţionează în sens contrar. Această forţă readuce pendulul în poziţia iniţială. Al doilea echilibru este instabil. Scoaterea din el generează o forţă care acţionează în sensul devierii. Aceasta determină o deviere şi mai mare.

Are oare loc totdeauna influenţa inversă a efectului asupra cauzei care l-a generat ? Pentru a răspunde la această întrebare să considerăm un sistem închis *S'*. Să admitem că avem în sistem o cauză *A* şi un efect *B*. Cauza *A* şi efectul *B* sînt fenomene distincte, reprezentînd fiecare o schimbare a stărilor sistemului *S'*. Dacă efectul nu exercită o influenţă inversă asupra cauzei care l-a generat, atunci, dat fiind că nu există acţiuni exterioare, va însemna că avem o cauză care rămîne tot timpul constantă. Efectul ei va fi de asemenea invariabil. Aşadar, obţinem că într-un sistem închis o cauză generează un număr nelimitat de efecte, rămînînd neschimbată. Efectul apare ca născut din nimic. Pentru generarea lui nu este nevoie de nici un fel de cheltuieli. Aceasta contrazice legile de conservare ale proprietăţilor fundamentale ale materiei : principiul conservării energiei, legea conservării masei etc. După cum a arătat încă Mayer, efectul apare totdeauna datorită unui consum de cauză (vezi amănunte în capitolul *Legile de conservare din fizică şi determinarea cauzală a fenomenelor naturii).*

Ce e drept, sistemele perfect izolate în care au loc legi de conservare nu sînt decît o abstracţie. În lumea reală, asupra

---

[14] G. D. Birkhoff and D. C. Lewis, *Stability in Causal Systems*, în „Philosophy of Science“, vol. 2, nr. 3, 1935, p. 314.

sistemului S' poate să acţioneze un sistem S'', care, de exemplu, poate întreţine intensitatea cauzei A. Dar acesta nu constituie un argument împotriva legilor de conservare, în particular împotriva principiului conservării energiei. Sistemul nostru poate fi reunit cu sistemul S'' într-un sistem S mai cuprinzător, în care legile de conservare se vor verifica. De aceea, va avea loc şi acţiunea inversă a efectului asupra cauzei care-i dă naştere. În acest caz însă, poate să apară ca efect fenomenul A, care în sistemul mai îngust apărea în rolul de cauză. De exemplu, mişcarea unei garnituri feroviare pe şine produce o frecare între şine şi roţile vagoanelor. Această frecare exercită o influenţă inversă asupra cauzei care o generează, în urma căreia mişcarea se încetineşte şi trenul se opreşte. Aceasta se întîmplă în cazul cînd sistemul „tren+şine" este închis. Putem face să dispară acest caracter închis, adăugînd trenului o locomotivă, care poate asigura mişcarea uniformă a întregii garnituri feroviare. În acest caz, mişcarea (cauza A) va determina continuu efectul, adică frecarea B, fără ca ea însăşi să se micşoreze. Dar cauza A va fi, în cazul acesta, rezultatul acţiunii unei alte cauze, a lucrului exercitat de abur în cilindrul maşinii cu vapori a locomotivei. Posibilitatea acestui lucru mecanic este determinată de existenţa diferenţei de temperatură între abur şi mediul înconjurător, care joacă rolul de frigider. În urma efectuării lucrului mecanic, diferenţa descreşte, aceasta frînează lucrul mecanic iar pentru întreţinerea lui trebuie să ardem cărbune, adică să utilizăm energie chimică etc.

Aşadar, menţinerea cauzei constante în sistemul S' este determinată de faptul că influenţa inversă a efectului asupra cauzei care l-a generat se produce în sistemul mai cuprinzător S. Numai într-un astfel de sistem poate avea loc cazul reprezentat în fig. 22, unde cauza şi efectul rămîn constante în tot cursul procesului.

Acelaşi lucru se poate spune şi despre celelalte scheme „simetrice" redate în fig. 21 şi 20.

În schema din fig. 21, întărirea cauzei în etapa a doua poate fi determinată numai de o acţiune exterioară. În schema din fig. 20, acelaşi lucru este valabil pentru slăbirea cauzei. În exemplul de mai sus, omul păşeşte pe cauciuc, modificînd cauza; presiunea piciorului este legată de o acţiune exterioară faţă de sistemul considerat, anume acţiunea omului. Această acţiune (acest efect) necesită o anumită energie din corpul omului (cauza). Efectul micşorează într-o

Scanned with OKEN Scanner

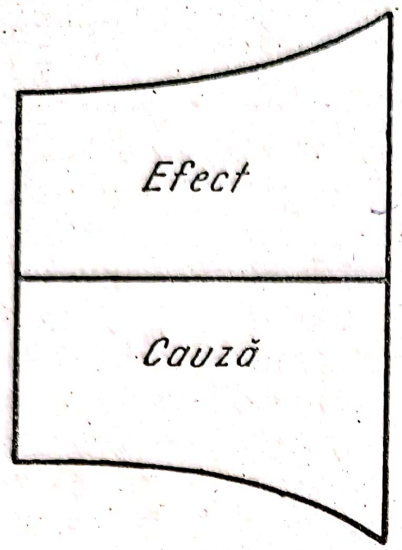


Figura 23

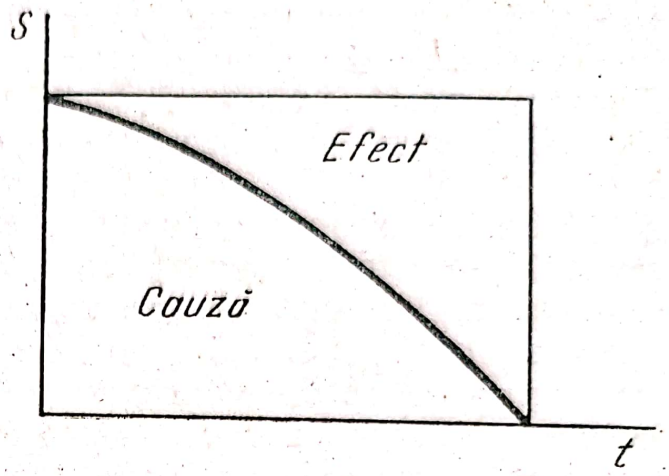


Figura 24

anumită măsură această energie, iar compensarea ei se realizează datorită nutriției.

Dar ce se întîmplă în cazul cînd acțiunea inversă a efectului întărește cauza? Acest caz poate fi reprezentat prin următoarea schemă (fig. 23).

Schema se deosebește de cea din fig. 21, prin faptul că acolo existența unei cauze exterioare este evidentă. Numai presupunînd acțiunea ei putem înțelege de ce încetează slăbirea în continuare a intensității cauzei interne și de ce intensitatea începe apoi să crească.

În schema din fig. 23, este reprezentat un caz care nu cuprinde această metamorfoză. Dar și aici, întărirea cauzei împreună cu întărirea efectului se produc întotdeauna pe seama unei cauze exterioare. În cazul curentului în gaze, aceasta va fi diferența de potențial electric; la pendulul în poziție instabilă cauza va fi diferența de potențial gravific. Procesele de acest gen conduc de obicei repede la o slăbire a cauzei exterioare și la încetarea procesului. De exemplu, pendulul scos din starea instabilă începe să cadă datorită energiei sale potențiale. Dar o dată cu căderea, această energie se micșorează, și cînd ea își atinge minimul apare o forță care acționează asupra pendulului în sens contrar. Dacă nu ar fi așa, pendulul ar deveni un *perpetuum mobile*. În mod analog, scade repede și diferența de potențial în cazul descărcărilor electrice în gaze, ca și înălțimea în cazul unei lavine.

Așadar, și aici mersul procesului este determinat, în ultimă instanță, de faptul că, în sistemul mai mare, efectul își atenuează cauza.

Scanned with OKEN Scanner

Care este schema acestui caz general? Ea poate fi reprezentată, așa cum se arată în fig. 24.

Din această schemă se vede că acumularea efectului produs de efect conduce la o slăbire a cauzei. Cauza trece în efect. Se observă ușor o particularitate a acestei scheme. Ea este asimetrică în timp. De la stînga spre dreapta, adică în sensul pozitiv al timpului, schema exprimă o proprietate anumită a conexiunii cauzale, legată de legile de conservare. De la dreapta spre stînga, adică în sensul contrar al timpului, ea își pierde semnificația. Reiese că întărirea cauzei anihilează efectul. Dar în acest caz, ea nu poate fi considerată cauză a respectivului efect. În sensul pozitiv al timpului constatăm o acumulare a efectului. Este firesc, deoarece cauza acționează un interval de timp determinat. În sensul contrar reiese că acțiunea cauzei conduce la o micșorare a efectului, deși intensitatea cauzei crește.

Așadar, putem da următoarea definiție sensului în care curge timpul: dacă în sensul care merge de la $t\alpha$ la ta acumularea efectului este însoțită de o slăbire a cauzei, atunci $t\alpha$ este anterior lui ta.

Să admitem că la momentul $t\alpha$ temperatura unei picături de lichid este mai joasă decît la momentul ta, iar evaporarea acestei picături este mai intensă în ta decît în $t\alpha$. În acest caz, pe baza definiției de mai sus, putem spune că ta este anterior lui $t\alpha$, bineînțeles, dacă picătura este un sistem izolat. În adevăr, aici, fie încălzirea este cauza intensificării evaporării, fie evaporarea conduce la o răcire a picăturii. Prima ipoteză cade, deoarece presupune un aflux de căldură din exterior, ceva care să încălzească picătura pentru ca temperatura ei să crească. Așadar, mai rămîne a doua ipoteză: evaporarea este cauza răcirii. Întărirea efectului, adică a răcirii, împreună cu atenuarea cauzei, adică evaporarea mai mică, se produc în sensul de la ta către $t\alpha$. Prin urmare, ta este anterior lui $t\alpha$.

Această definiție a sensului curgerii timpului leagă acest sens de proprietățile fundamentale ale relațiilor cauzale. Desigur, nu o putem considera ca o explicație exhaustivă a ireversibilității timpului. Ireversibilitatea timpului este definită în ultimă analiză de dezvoltarea materiei. Legătura cu cauzalitatea este un aspect al problemei necesității fenomenelor.

Scanned with OKEN Scanner

IV. Cauzalitate și dependență funcțională

Sarcina oricărei științe este de a descoperi legile ce guvernează evenimentele care constituie obiectul de cercetare al respectivei științe.

Legea stabilită este întotdeauna enunțată inițial într-o formă calitativă generală, ca o tendință inerentă fenomenelor considerate. Dar, idealul oricărei științe exacte este să formuleze legea nu numai calitativ, ci și cantitativ, adică să o prezinte sub forma unei dependențe matematice sau funcționale. Într-o serie de cazuri, acest scop nu poate fi realizat (ne vom ocupa mai jos de astfel de cazuri), dar tendința spre exactitatea enunțurilor este o trăsătură și o sarcină inalienabilă a oricărei științe suficient de dezvoltate.

Expresia matematică sau funcțională a legii cuprinde și luarea în considerare a unor anumite conexiuni dintre cauză și efect. Caracterizarea cauzală a fenomenelor și cea funcțională nu sînt în contradicție, ci, dimpotrivă, reprezintă procedee legate între ele, pentru a pătrunde în esența faptelor cercetate. Dacă indicarea generală a cauzei în primele etape ale cercetării unui fenomen dezvăluie latura calitativă a relațiilor, în schimb formularea dependenței funcționale pentru respectivele relații înseamnă cunoașterea lor și sub aspect cantitativ. În felul acesta putem cunoaște mai profund și relațiile cauzale înseși, care posedă în mod obiectiv atît determinare calitativă, cît și cantitativă.

În înțelegerea relațiilor dintre cauzalitate și dependența funcțională au căpătat o largă răspîndire concepțiile idealiste și metafizice, dintre care multe au fost emise încă în lucrările lui E. Mach. Potrivit concepției sale subiectiv-idealiste generale, Mach a respins caracterul obiectiv al cauzalității. „Cauza și efectul — scrie el — sînt creații ale gîndirii noastre, cu funcție economică“[1]. Mach a încercat să înlocuiască noțiunea de cauzalitate prin cea de dependență funcțională. El a considerat dependența funcțională nu ca expresie

[1] E. Mach, *Mecanica*, SPb., 1909, p. 406 (ed. rusă).

a relaţiilor cantitative obiective dintre diversele lucruri şi fenomene, ci ca ceva introdus de subiect pentru ordonarea complexelor de senzaţii, în conformitate cu principiul economiei de gîndire. „Pentru noi — scrie Mach — este valoroasă numai stabilirea *relaţiilor funcţionale*, elucidarea *dependenţei existente între stările noastre psihice*. Atunci devine în primul rînd clar că stabilirea legăturii dintre ele şi anumite variabile iniţiale, nedate, necunoscute nouă (lucrul în sine) este o chestiune pur fictivă şi zadarnică“[2].

Mach neagă existenţa unor relaţii cantitative obiective între fenomene, existenţa legilor obiective, calificînd recunoaşterea lor drept „ficţiune metafizică“, drept punct de vedere al „realismului naiv“, al „profanului“. „Tot ce am putea dori să cunoaştem — scrie el — ne este dat de rezolvarea problemei cuprinse într-o formă matematică de definirea dependenţei funcţionale dintre elementele sensibile. O dată ce cunoaştem această dependenţă, cunoaşterea «realităţii» este epuizată“[3]. Pentru Mach, unica „realitate“ o constituie „elementele“, complexele de senzaţii. Prin stabilirea relaţiilor funcţionale dintre ele, sarcina ştiinţei este epuizată.

Concepţiile subiectiv-idealiste ale lui Mach continuă să fie dezvoltate şi în prezent de adepţii pozitivismului şi al operaţionalismului. Dar negarea caracterului obiectiv al legilor contrazice toate realizările ştiinţei şi ale practicii. Remarcabilele rezultate obţinute de ştiinţă şi de tehnică în cunoaşterea şi în valorificarea ştiinţelor naturii dovedesc în mod convingător că legile enunţate — indiferent dacă ele se exprimă într-o formă calitativ generală sau sub forma unor dependenţe funcţionale riguroase — nu sînt pur şi simplu un mijloc comod pentru a ordona măsurătorile şi percepţiile, ci o reflectare obiectiv adevărată a unor legi existente independent de conştiinţa omului, precum şi că numai de aceea cunoaşterea ştiinţifică a putut conduce la remarcabile rezultate practice.

Paralel cu înţelegerea subiectiv-idealistă a cauzalităţii şi a dependenţei funcţionale, mai sînt răspîndite în literatura contemporană de peste hotare concepţii metafizice asupra acestor categorii. Astfel, unii oameni de ştiinţă, care recunosc caracterul obiectiv al cauzalităţii, identifică totuşi în mod ilegitim cauzalitatea şi dependenţa funcţională. Între aceste

---

[2] E. Mach, *Analiza senzaţiilor şi relaţia dintre fizic şi psihic*, M., 1907, p. 38 (ed. rusă).
[3] *Ibidem*, p. 293.

Scanned with OKEN Scanner

categorii există o anumită asemănare, dar ar fi greşit să le confundăm.

Pe de altă parte, există autori care pleacă de la opunerea cauzalităţii şi a dependenţei funcţionale, în conformitate cu punctul de vedere al pragmatismului. Ei consideră că sarcina ştiinţei nu constă în descrierea cauzală a fenomenelor, ci numai în descrierea lor funcţională. După părerea lor trebuie căutată în primul rînd o expresie matematică reuşită pentru legea cercetată, o formulă care „să lucreze", pe cînd explicaţia cauzală este pentru ei un lucru cu totul secundar şi, cum susţin ei, total lipsit de importanţă pentru practică.

Trebuie menţionat că opunerea greşită a cauzalităţii şi a dependenţei funcţionale se poate întîlni, spre regretul nostru, şi în lucrările unor filozofi sovietici. În orice formulare în care se arată cum conexiunea cauzală poate fi exprimată sub forma unei dependenţe funcţionale, unii oameni de ştiinţă au văzut o asemănare cu punctul de vedere al lui Mach şi, pe această bază au respins pînă şi enunţarea respectivei probleme. Ca rezultat, studiul problemei relaţiei dintre cauzalitate şi dependenţa funcţională a fost aproape cu totul neglijat în literatura noastră. Sarcina constă însă nu în a respinge legătura dintre cauzalitate şi dependenţa funcţională, ci în a-i da o interpretare justă.

Cît priveşte concepţiile lui Mach, trebuie observat că principala lui greşeală nu a constat în faptul că — şi, se poate spune, nu atît în faptul că — el a identificat cauzalitatea şi dependenţa funcţională. Dacă el s-ar fi limitat la atît, recunoscînd însă caracterul obiectiv al cauzalităţii şi al legităţii, atunci, deşi identificarea despre care vorbim este greşită, ea nu ar conduce încă la idealismul obiectiv. Principala eroare a lui Mach a constat în negarea obiectivităţii cauzalităţii şi a legităţii din natură, în interpretarea subiectiv-idealistă a acestor categorii ca relaţii între complexele de senzaţii. Astfel, Mach a referit problema nu la lumea obiectivă, ci numai la proprietăţile conştiinţei noastre. ceea ce este în totală contradicţie cu ştiinţa şi cu practica. Natural, toate tezele iniţiale ale lui Mach prin care el a abordat rezolvarea acestei probleme trebuie respinse. Aceasta nu înseamnă însă că şi problema însăşi trebuie respinsă. Ea trebuie rezolvată corect. Necesitatea de a cerceta relaţiile dintre cauzalitate şi dependenţa funcţională este determinată de faptul că în ştiinţele naturii recunoaşterea generală a determinării cauzale nu constituie de obicei decît prima etapă a cercetării. După dezvăluirea relaţiilor dintre cauză şi efecte, iese pe primul plan sarcina

Scanned with OKEN Scanner

de a stabili legile fenomenului și — dacă este posibil — de a-l exprima nu numai într-o formă calitativă generală, ci și în forma cantitativă, ca dependență funcțională. Să examinăm cele mai importante aspecte ale acestei probleme.

1. Legătura dintre cauzalitate și dependența funcțională

Înainte de a cerceta relația dintre cauzalitate și dependența funcțională, ne vom ocupa de noțiunea de dependență funcțională. Aici ne lovim de o formă de interdependență în care variației unei mărimi i se asociază o variație pe deplin determinată a alteia. Să admitem că avem două mărimi variabile X și Y.

Mărimea Y este funcție de mărimea (independentă) X, dacă există o lege în virtutea căreia fiecărei valori a lui X aparținînd unei anumite mulțimi de numere, îi corespunde, i se asociază, o valoare determinată a lui Y. Mulțimea de valori ale lui X, care figurează în această definiție, se numește domeniul de definiție sau de existență al funcției[4].

În definiția unei funcții, trebuie să luăm în considerare două fapte: întîi, existența legii de corespondență dintre funcția Y și argumentul X; apoi, limitele valorilor posibile ale lui X sau domeniul de definiție al funcției. Funcția poate fi considerată definită sau dată, numai în cazul cînd aceste două elemente sînt cunoscute.

Progresul în domeniul cercetării matematice a unor legi tot mai complicate ale naturii a condus la dezvoltarea noțiunii de dependență funcțională. Acest lucru a fost legat de problema a ceea ce trebuie considerat ca aparținînd domeniului de variabile care definesc valoarea funcției. În prima etapă a cercetării dependenței funcționale, în perioada așa-numitei matematici clasice, erau considerate drept variabile diversele caracteristici cantitative ale fenomenelor, diversele numere. În a doua etapă, a cărei dezvoltare a început în urmă cu cîteva decenii, nu se mai consideră ca variabile numere, ci chiar funcții. Valorile unei funcții cercetate nu se mai deduc aici din numere, ci din alte funcții, reunite într-o anumită mulțime, care se numește spațiu funcțional. În spațiul func-

[4] *Matematica. Conținutul, metodele și importanța ei*, vol. I. Editura Științifică, București, 1960.

Scanned with OKEN Scanner

ţional, sînt considerate ca puncte, funcţii sau şiruri numerice.

Expresiile care depind de funcţii variabile au căpătat denumirea de funcţionale.

Noţiunea de funcţională este o generalizare a noţiunii de funcţie. Ea se bazează pe o considerare mai generală a elementelor, care pot fi cuprinse în domeniul de definiţie al unei funcţii. În cazul cel mai simplu, domeniul de definiţie al unei funcţii poate fi mulţimea M a numerelor reale. Funcţia $Y = (X)$ va fi definită în cazul cînd fiecărei valori a lui X aparţinînd lui M îi va fi asociată o anumită valoare a lui Y. Acum să presupunem că M este o mulţime de obiecte oarecare: numere, puncte, curbe, funcţii, suprafeţe, stări ale unui sistem etc. Dacă fiecărui element X din mulţimea M îi va fi asociat un număr Y, putem spune că pe mulţimea M a fost definită funcţionala $Y = F(X)$. În cazul cînd mulţimea M este o mulţime de numere X, funcţionala $Y = F(X)$ va fi funcţie de un singur element. Cînd M este o mulţime de perechi de numere (X_1, X_2), sau mulţimea punctelor din plan, atunci funcţionala $Y = F(X_1, X_2)$ va fi funcţie de două argumente etc.[5].

Mulţimea M poate fi considerată ca un spaţiu funcţional. Atunci, funcţionala este o funcţie numerică, definită pe acest spaţiu. Funcţionala se consideră dată în cazul cînd este cunoscută mulţimea cunoscută M de elemente X, pe care ea este definită, precum şi legea conform căreia fiecărui X i se asociază o mărime determinată, care exprimă valoarea funcţionalei.

Generalizarea noţiunii de funcţie şi dezvoltarea analizei funcţionale a permis să se treacă la cercetarea unor procese înainte inaccesibile, în particular la studiul legilor de mişcare ale microparticulelor şi ale cîmpurilor. Cîmpul electromagnetic şi cel gravitaţional sînt forme speciale ale materiei, caracterizate printr-o infinitate de grade de libertate, prin distribuţia continuă în spaţiu şi prin viteza de propagare a interacţiunilor în ele, care este egală cu viteza luminii. Metoda funcţionalelor este adecvată tocmai pentru descrierea acestora. Dacă în mecanica clasică variabilele dinamice care descriu mişcarea unei particule erau reprezentate sub formă de funcţii cu un număr finit de grade de libertate, în teoria cuantică a cîmpului, aceste variabile dinamice apar ca funcţionale dependente de o infinitate de variabile. Aplicarea metodei

[5] *Matematica. Conţinutul, metodele şi importanţa ei*, vol. II.

funcționalelor a permis cercetarea cantitativă a proprietăților și a legilor de mișcare ale cîmpurilor cuantice[6].
Matematica modernă cercetează un număr imens de funcții de tot felul. Întreaga analiză matematică, cu diversele ei ramificații și aplicații, constituie teoria diverselor funcții. Nu intenționăm aici să analizăm și nici măcar să enumerăm funcțiile pe care le cercetează matematica, ci vrem să dezvăluim relația dintre dependența funcțională și conexiunea cauzală.
În capitolul *Principiul cauzalității și rolul său în cunoașterea naturii,* am relevat că în condiții identice, cauze identice conduc la efecte identice. Aceasta înseamnă că, între cauză și efect există o relație funcțională pe deplin determinată care, în multe cazuri, poate fi exprimată sub forma unei legi matematice. Dacă izbutim să găsim un enunț funcțional al unei conexiuni cauzale, aceasta ne dezvăluie posibilitatea ca, după valoarea condițiilor inițiale ce caracterizează cauza, să calculăm cu precizie mărimile caracterizînd efectul.
Această exprimare funcțională a conexiunilor cauzale are un avantaj considerabil față de descrierea calitativă generală a relației dintre cauză și efect. În ultimul caz putem doar să apreciem aproximativ valorile individuale ale efectelor după cauzele date. În condițiile exprimării funcționale a conexiunilor cauzale, putem calcula exact întreaga mulțime de valori ale efectelor, dacă sînt date valorile corespunzătoare ale cauzelor și domeniul de definiție al variabilei independente. Astfel, se știe de mult că în cazul acțiunii unei forțe exterioare asupra unui corp liber, acesta este pus în mișcare. Cauza care acționează conduce aici la efecte pe deplin determinate. Dar, valoarea cantitativă a acestor efecte putea fi doar ghicită cît timp legea de mișcare nu era cunoscută. După ce această lege a fost descoperită și exprimată în forma funcțională exactă $F = ma$, putem calcula cu precizie, după valoarea forței exterioare care acționează (cauza), valoarea corespunzătoare a accelerației (efectul). Toate ecuațiile mai importante ale științelor naturii care stabilesc legătura dintre factorii existenți inițial și rezultatele care apar în cursul desfășurării procesului, nu sînt decît expresii funcționale ale relațiilor dintre cauză și efecte. Datorită existenței acestor ecuații, științele naturii au devenit științe exacte, capabile să dea judecăți și predicții certe.

---

[6] Vezi referitor la aceasta cartea lui V. A. Fok, *Raboti po kvantovoi teorii pol'a,* Izd-vo LGU, 1957 (în special capitolul: *Metod funcționalov v kvantovoi elektrodinamike,* pp. 124—140).

Fiecare fenomen poate avea o mulțime de cauze și, la rîndul său, să conducă la o mulțime de efecte. Similar, o funcție poate să depindă nu numai de o singură variabilă, ci de mai multe. Pe de altă parte, unei valori a argumentului îi poate corespunde atît o singură valoare a funcției, cît și o mulțime finită sau chiar infinită de valori ale funcției. Aici putem constata o oarecare asemănare între cauzalitate și dependența funcțională.

Mai departe, este cunoscut că determinarea cauzală apare ca unul dintre aspectele conexiunii universale a fenomenelor. Tot astfel, o funcție poate să depindă nu numai de un argument, ci și de o altă funcție care, la rîndul ei, depinde de o a treia etc.:

$$y = F\{f[\varphi(x)]\}$$

Conform principiului cauzalității, nici un fenomen din natură nu dispare fără urmă, dar orice cauză, oricît de mică, determină un efect care-i corespunde. Nu numai că nu există efect fără cauză, dar nu există nici cauză fără efect. Am văzut, în capitolul *Principiul cauzalității și rolul său în cunoașterea naturii,* cum conexiunile cauzale formează continuitatea spațio-temporală a lanțurilor cauzative. În teoria funcțiilor, acest fapt își găsește o oglindire în noțiunea de funcție continuă.

Se numește continuă o funcție a cărei creștere tinde către zero, atunci cînd creșterea argumentului tinde către zero:

$$\lim_{x - x_0 \longrightarrow 0} [f(x) - f(x_0)] = 0$$

Mulțimea de valori ale argumentului din domeniul de definiție al funcției poate avea puterea continuumului, adică să cuprindă toate numerele raționale și iraționale.

Dar nu toate relațiile pot fi reprezentate prin funcții continue. În natură se întîlnesc frecvent forme de conexiuni cauzale în care o acțiune exercitată asupra unui sisitem nu determină un timp o variație sensibilă a sistemului în cazul conexiunii cauzale considerate. Variația are loc numai în cazul cînd energia acțiunii exterioare depășește o anumită valoare critică. Astfel, atomul nu absoarbe de loc energia acțiunii exterioare, dacă ea este mai mică decît diferența dintre energiile a două stări staționare ale atomului. Dacă însă energia acțiunii exterioare este egală cu această valoare critică sau mai mare, ea este absorbită, și atomul trece în salt într-o nouă stare staționară, caracterizată printr-o

Scanned with OKEN Scanner

energie mai mare. Conexiuni cauzale de acest fel pot fi descrise prin funcţii discontinue, a căror trăsătură caracteristică constă în aceea că ele pot avea o valoare diferită de zero atunci cînd creşterea argumentului tinde către zero. Înseamnă oare aceste cazuri că o cauză, atunci cînd se caracterizează printr-o energie de acţiune destul de mică, nu determină nici un efect şi dispare fără urmă? Bineînţeles că nu. Principiul cauzalităţii nu este încălcat aici. Orice cauză, oricît de mică, generează un anumit efect, numai că, în cazul considerat, efectul nu va aparţine numai respectivului sistem material (atomului iradiat), ci şi altor sisteme, în particular condiţiilor înconjurătoare, în care se vor produce anumite schimbări. Sistemul considerat va varia în salt, abia atunci cînd acţiunea din exterior va atinge o energie suficient de mare.

În unele cazuri, trebuie introduse funcţii speciale, care diferă şi de cele continue, şi de cele discontinue. De exemplu, pentru descrierea fenomenelor similare unui impuls instantaneu, s-a introdus în fizică aşa-numita funcţie δ, egală cu zero peste tot, cu excepţia unui singur punct, în care ea tinde către infinit şi unde integrala ei este egală cu 1.

Cu toată asemănarea destul de mare dintre cauzalitate şi dependenţa funcţională, pe care am menţionat-o aici, ele nu pot fi identificate, cum procedează unii autori[7]. Relaţia dintre ele poate fi reprezentată sub forma a două cercuri secante (fig. 25).

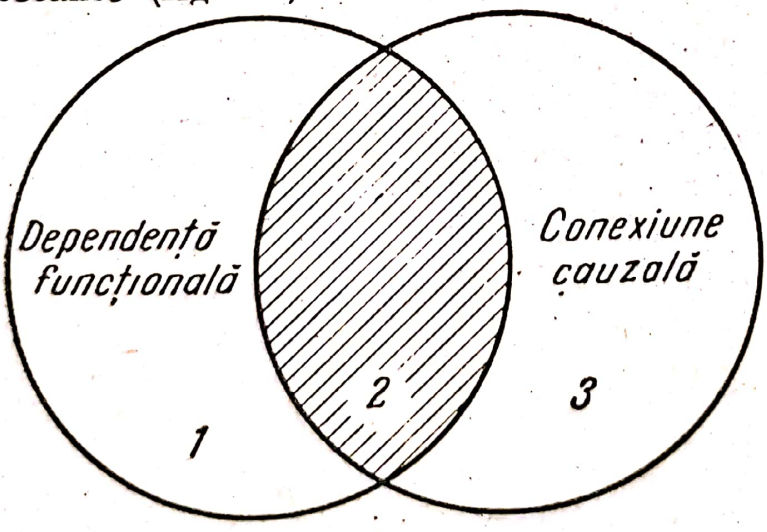


Figura 25

Aici, pe lîngă domeniul comun 2, mai există domeniul 1, exprimînd dependenţa funcţională care nu este conexiune

[7] Vezi V. F. Lenzen, *Causality in Natural Science*, Springfield, Illinois, 1954, p. 13.

Scanned with OKEN Scanner

cauzală, şi domeniul 3, unde conexiunea cauzală nu este funcţională.
Analiza amănunţită a fenomenelor aparţinînd domeniului 2 va fi dată mai jos.
Relevăm că va fi neapărat funcţională conexiunea cauzală care exprimă un proces de dezvoltare sau de apariţie a unor caracteristici ale unui sistem în funcţie de existenţa altora. În condiţiile unei astfel de dependenţe funcţionale, relaţiile dintre argument şi funcţiune sînt ireversibile şi ele nu pot să-şi schimbe locurile între ele. Aceasta reflectă ireversibilitatea relaţiei dintre cauză şi efect, în care cauza precede întotdeauna efectul şi-l generează.
Dar nu toate dependenţele funcţionale din lumea materială caracterizează un proces de dezvoltare sau conexiuni cauzale în sisteme. Ştiinţa contemporană cunoaşte numeroase relaţii funcţionale care nu sînt cauzale (în figură, domeniul 1). Vom trece acum la studierea lor.

2. Relaţii funcţionale care nu exprimă o conexiune cauzală

Matematica actuală cunoaşte un mare număr de funcţii care nu exprimă o conexiune cauzală şi caracterizează numai o relaţie între anumite mărimi abstracte sau între proprietăţi *coexistente* ale unor obiecte materiale, întotdeauna inseparabile. Astfel de mărimi sau proprietăţi sînt legate între ele, dar nu se află într-o dependenţă cauzală.
Printre aceste funcţii putem clasifica, de exemplu, numeroasele funcţii trigonometrice elementare de variabilă reală sau complexă. Astfel, funcţia lui Dirichlet

$$\psi(x) = \lim_{n \to \infty,\ m \to \infty} \{\lim [\cos (\pi\, x\, n!)]^{2m}\}$$

egală cu 1 pentru toate valorile raţionale ale lui x şi cu 0 pentru toate valorile iraţionale ale lui x, este una dintre funcţiile căreia, probabil, nu-i corespunde nici o relaţie între cauze şi efecte din lumea materială.
În fizică putem întîlni legi exprimate matematic, care nu reflectă relaţii dintre cauze şi efecte. De exemplu, legea lui Wiedemann-Franz se scrie matematic $\frac{x}{\sigma} = aT$, unde raportul dintre coeficientul de conductibilitate termică x al unui metal şi conductivitatea sa electrică σ apare ca funcţie de temperatura absolută T. În capitolul *Principiul cauzalităţii*

Scanned with OKEN Scanner

și rolul său în cunoașterea naturii am mai arătat că în această lege, relațiile dintre cauză și efect nu-și găsesc o expresie directă. Aici, relația este de altă natură. Nici conductibilitatea termică nu este cauza conductivității electrice, nici conductivitatea electrică nu este cauza conductibilității termice. Ambele fenomene sînt efecte ale mișcării electronilor liberi în metal.

Deosebirea dintre categoriile considerate se manifestă și în următoarele: în orice grup de fenomene, cauzele și efectele se află într-o relație care nu permite ca ele să-și schimbe locurile, deoarece valoarea lor nu este aceeași. De exemplu, dacă un uragan cauzează distrugeri într-o localitate, nu putem spune nicidecum că distrugerile ar fi cauza uraganului. O astfel de relație ireversibilă între cauză și efect are loc în toate tipurile de conexiuni cauzale. Și printre dependențele funcționale există unele în care relațiile dintre funcție și argument sînt ireversibile. În fond, aceste relații funcționale exprimă dezvoltarea fenomenelor și apariția unor proprietăți în funcție de prezența altora. Pentru fenomenele considerate, relațiile cauzale apar totodată și ca relații funcționale, motiv pentru care argumentul și funcția nu pot să-și schimbe locurile între ele. Dar în afară de acest grup mai există un mare număr de relații funcționale în care argumentul și funcția au aceeași semnificație și sînt permutabile. De exemplu, în formula ariei cercului, $Q = \pi r^2$, atît aria cît și raza pot juca rolul de argument, și aici este indiferent ce anume considerăm ca funcție. Putem considera aria ca funcție de rază, dar putem proceda și invers, luînd raza ca funcție de arie: $r = \sqrt{Q/\pi}$.

În mod analog, putem schimba locurile funcției și argumentului în legea lui Boyle-Mariotte: $PV = \text{const}$; în legea interdependenței masei și energiei: $E = mc^2$ etc. Toate descrierile obținute vor fi fizic echivalente. În general, în toate relațiile funcționale care exprimă o legătură între proprietăți coexistente și inseparabile, funcția și argumentul își pot schimba locurile între ele, adică relațiile dintre argument și funcție sînt reversibile, spre deosebire de relațiile dintre cauze și efecte, care sînt ireversibile. Pentru ca o dependență funcțională să fie totodată și o conexiune cauzală, relația dintre funcție și argument trebuie să fie ireversibilă. În acest caz, relația funcțională va caracteriza dezvoltarea unui sistem, apariția unor proprietăți în dependență de existența altora. De exemplu, dacă am reuși să scriem ecuația care să redea ciclul evolutiv al unei stele și apariția unora dintre proprietățile ei

Scanned with OKEN Scanner

în dependenţă de prezenţa altora, atunci această dependenţă funcţională ar exprima totodată şi conexiunea cauzală din cadrul sistemului considerat. Din nefericire, majoritatea formulelor cunoscute astăzi în fizică şi în astronomie nu exprimă un proces de dezvoltare ci numai legătura dintre proprietăţi coexistente ale corpurilor, sau anumite variaţii ciclice din ele.

Ideea dezvoltării este enunţată în fizica şi în astronomia din zilele noastre mai ales într-o formă calitativă generală. Ne aflăm în faţa sarcinii de a îmbrăca această idee în ecuaţii matematice corespunzătoare.

Trebuie menţionat însă că şi relaţiile funcţionale care exprimă o succesiune de procese dintr-un sistem material pot, pînă la un anumit grad, să nu coincidă cu relaţiile cauzale reale din acest sistem. Astfel, ecuaţiile mecanicii clasice şi ale celei cuantice descriu foarte bine comportarea sistemelor materiale corespunzătoare. Dar din aceste ecuaţii se pot deduce consecinţe care contrazic relaţiile cauzale reale din sistem.

Aceste ecuaţii permit să schimbăm în ele semnul timpului în cel contrar, fără ca forma lor să se schimbe. Această schimbare, dacă ea ar avea o legătură efectivă cu timpul, ar trebui să însemne o inversare a relaţiilor dintre cauze şi efecte. În realitate însă, aceste relaţii nu pot fi inversate, deoarece în cazul contrar nu ar fi posibilă interacţiunea corpurilor şi ar fi încălcate legile de conservare fundamentale. În adevăr, curgerea inversă a timpului, de la viitor spre trecut, este posibilă numai în cazul cînd efectul precede cauza, iar cauza se realizează în urma efectului. O astfel de relaţie între cauză şi efect ar exclude însă posibilitatea mişcării şi a interacţiunii corpurilor. În acest caz, efectul nu ar putea să apară din principiu, deoarece nu ar avea o bază, adică nu ar avea cauză. Pe de altă parte, nici cauza nu ar putea fi cauză, deoarece ea nu ar duce la nimic, întrucît efectul nu s-ar realiza. Mai mult, cauza nici nu ar putea să apară, deoarece, la rîndul ei, ea ar trebui să fie determinată de o altă cauză, iar aceasta, în condiţiile curgerii inverse a timpului, ar fi ulterioară şi deci nu ar putea să o provoace.

Aşadar, în cazul curgerii inverse a timpului, şi al inversării relaţiilor dintre cauze şi efecte, nu ar putea să aibă loc nici un fenomen, iar mişcarea şi interacţiunea corpurilor ar fi în genere imposibile.

Ipoteza curgerii inverse a timpului este în contradicţie şi cu legile fundamentale ale naturii. În adevăr, să presupunem

Scanned with OKEN Scanner

că are loc o reacție nucleară cu degajare de energie. În condițiile curgerii obișnuite a timpului, întîi se realizează reacția, iar apoi se degajă energia, pe care o antrenează radiația sau particulele materiale. Dacă sensul curgerii timpului ar fi inversat, ar trebui întîi să apară particule de o energie determinată, iar apoi să se producă reacția nucleară. Dar o astfel de apariție a particulelor din nimic contrazice legea conservării materiei și a energiei. Dacă recunoaștem însă caracterul absolut al acestei legi, sîntem nevoiți să respingem ideea curgerii inverse a timpului.

Ireversibilitatea timpului rezultă cu necesitate din faptul însuși al mișcării și al interacțiunii obiectelor materiale. Orice structuri materiale există numai datorită capacității elementelor lor componente de a se situa în conexiuni și de a interacționa. Toate proprietățile fizice și chimice ale corpurilor sînt și ele determinate de conexiunile lor, anume de relațiile și de interacțiunile care există între elementele materiale constitutive ale respectivului sistem și conexiunile existente între sistemul considerat și alte sisteme exterioare lui. Dacă materia nu ar avea capacitatea de a interacționa, atunci, în primul rînd, ea nu ar avea nici un fel de proprietăți, iar în al doilea rînd, ea nu ar avea nici o organizare concretă. Dar materia fără proprietăți și fără organizare structurală este o abstracție lipsită de conținut, căreia nu-i poate corespunde nimic în realitate. Prin urmare, dacă nu ar fi interacțiuni nu ar exista, în fond, nici materie.

Dar interacțiunea apare întotdeauna ca un proces în care schimbarea stării unui sistem determină o schimbare de stare a altui sistem, legat de primul, adică interacțiunea presupune în mod obligatoriu relații între cauze și efecte. Acestea din urmă sînt posibile numai atunci cînd timpul curge de la trecut spre viitor, deci numai în aceste condiții este posibil însuși procesul interacțiunii corpurilor. Dacă timpul ar curge invers, nu ar fi posibile nici interacțiunea, nici existența materiei. Așadar, ideea curgerii inverse a timpului este în contradicție cu cele mai importante legi ale naturii și chiar cu faptul existenței materiei.

Ce sens are, în acest caz, schimbarea semnului timpului în ecuațiile mecanicii clasice și ale celei cuantice? Posibilitatea acestei operații nu înseamnă cîtuși de puțin că timpul ar putea să-și schimbe cursul. Ea este numai o reflectare specifică a posibilității proceselor reversibile într-un sistem. Anume, dacă un sistem parcurge în variația sa stările *A, B, C, D, . . .*, atunci schimbarea semnului timpului înseamnă

Scanned with OKEN Scanner

recunoaşterea faptului că sistemul poate parcurge acelaşi şir de stări şi în ordinea inversă: *D*, *C*, *B*, *A*. Este necesar să subliniem însă că aceste procese reversibile reprezintă un caz idealizat, posibil numai într-un sistem abstract de puncte matematice. În toate sistemele reale, ele sînt irealizabile, deoarece interacţiunea în astfel de sisteme este totdeauna legată de transformarea unor forme de mişcare în altele. Chiar interacţiunile particulelor „elementare" care sînt în aparenţă perfect reversibile în timp, cuprind în realitate schimbări ireversibile, legate de transformarea particulelor de substanţă în radiaţie, însoţită de formarea unor sisteme mai complicate: atomi, molecule etc.

Această problemă a fost cercetată mai amănunţit în capitolul *Cauzalitatea şi ireversibilitatea timpului*. Aici putem menţiona doar că descrierea funcţională a comportării unui sistem, care cuprinde posibilitatea schimbării semnului timpului, nu concordă cu relaţiile reale dintre cauze şi efecte care au loc în sistem. Ea este numai o formă specifică de reflectare a posibilităţii proceselor reversibile în sistem, dar nu are legătură directă cu sensul curgerii timpului.

Mai departe, deosebirea dintre cauzalitate şi dependenţa funcţională se manifestă şi în următoarea relaţie. Numeroase fenomene ale naturii, care diferă calitativ prin conţinutul şi prin cauzele lor, pot fi totuşi descrise de expresii matematice analoge, care coincid uneori literalmente în ceea ce priveşte forma lor. O astfel de analogie se constată, de exemplu, la legea gravitaţiei a lui Newton şi la legea lui Coulomb, pentru interacţiunea sarcinilor. Procesele hidrodinamice şi unele fenomene electromagnetice sînt descrise de ecuaţii diferenţiale analoge. Astfel, ecuaţia lui Laplace pentru un lichid incompresibil de densitate constantă se scrie

$$\nabla^2 \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0.$$

O ecuaţie de aceeaşi formă se foloseşte la descrierea proceselor electromagnetice şi gravitaţionale:

$$\nabla^2 \Phi = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = 0.$$

În acest caz, Φ reprezintă potenţialul creat de masele gravitaţionale sau de sarcinile electrostatice într-o regiune în care nu există alte mase sau sarcini.

O ecuaţie de formă similară poate caracteriza distribuţia temperaturilor în cazul stabilirii echilibrului termic într-un

Scanned with OKEN Scanner

corp; ea este utilizabilă în cercetarea filtrării unor fluide prin medii poroase. Datorită caracterului similar al ecuațiilor diferențiale, unele fenomene pot fi studiate pe baza modelării lor, prin fenomene de natură cu totul diferită. Astfel, putem modela fenomenele termice prin fenomene electrice, rezolvînd astfel probleme de termotehnică pe baza unor măsurători electrice în care putem obține o precizie considerabil mai mare decît măsurătorile termice. Această analogie a relațiilor funcționale nu este determinată de identitatea cauzelor fenomenelor respective, ci numai de asemănarea unor laturi importante, caracteristice pentru desfășurarea proceselor în ele (bineînțeles, aceste fenomene au cauze fizice total diferite). De aici rezultă că fiecare dintre relațiile funcționale care descriu un fenomen complicat nu exprimă întreaga esență a fenomenului, ci numai unele aspecte ale acestei esențe.

Așadar, conexiunea cauzală și cea funcțională coincid: 1) dacă relațiile dintre cauză și efecte sînt în concordanță cu o lege care are în mod obiectiv o determinare cantitativă precisă și poate fi în principiu reprezentată matematic; 2) dacă relațiile dintre funcție și argument sînt ireversibile și caracterizează un proces de dezvoltare, sau apariția unor proprietăți care depind de prezența altora.

Relația funcțională nu va fi cauzală, dacă relația dintre argument și funcție este perfect reversibilă, iar relația respectivă nu descrie un proces de dezvoltare sau apariția unor proprietăți care depind de prezența altora, ci numai legătura dintre proprietăți coexistente, dintre parametrii numerici ai unor fenomene sau dintre expresii matematice abstracte, care nu pot fi aplicate la descrierea existenței succesive în timp a unor obiecte materiale.

Vom considera acum un alt domeniu de fenomene (al treilea după graficul prezentat mai sus), în care relațiile cauzale nu coincid cu dependențele funcționale.

3. Conexiuni cauzale nefuncționale

În științele naturii și în filozofie s-a pus de mult problema dacă, în principiu, *orice* conexiune cauzală poate fi reexprimată sub forma unei dependențe funcționale, adică reprezentată ca o consecință a unui sistem de ecuații. Numeroși oameni de știință au răspuns afirmativ la această întrebare, admițînd posibilitatea principială de a exprima matematic orice evenimente. Astfel, Leibniz scrie: „Să presupunem,

Scanned with OKEN Scanner

de exemplu, că cineva desenează pe o foaie de hîrtie, într-un mod cu totul întîmplător şi arbitrar un anumit număr de puncte. Afirm că este posibil să găsim o curbă geometrică a cărei formă va fi omogenă şi constantă, adică în concordanţă cu o formulă determinată şi că această linie va trece totodată prin toate punctele, în aceeaşi ordine în care ele au fost marcate pe hîrtie. Prin urmare, dacă vom trasa o curbă continuă, care va fi uneori o dreaptă, alteori închisă de vreo altă formă, este posibil să găsim cu mintea un echivalent, o formulă sau o ecuaţie, care va fi corelată cu toate punctele acestei linii şi cu ajutorul acestei formule putem urmări toate variaţiile de direcţie ale curbei". Leibniz trage de aici o concluzie teologică: „Aşadar, putem spune că, indiferent de modul în care Dumnezeu a creat lumea, ea a fost întotdeauna guvernată de legi şi a avut o ordine determinată"[8].

După cum se vede din teza citată mai sus, pentru Leibniz posibilitatea de a descrie orice procese într-o formă funcţională rezultă din aceea că toate procesele din lume sînt predeterminate şi au loc cu o necesitate absolută. Această predeterminare a fost stabilită din prima zi a creaţiei, şi, de aceea, viitorul rezultă perfect univoc din trecut. Apropiindu-se cu mintea sa slabă de puterea raţiunii divine, omul ar putea, în principiu, să exprime orice evenimente în formă funcţională. În esenţă aceeaşi concepţie stă şi la baza determinismului mecanic, dar fără recurs la Dumnezeu.

Din punctul nostru de vedere, teza univocităţii absolute a legăturii dintre trecut şi viitor este inacceptabilă, deoarece conduce la fatalism. O astfel de predeterminare univocă a dezvoltării este imposibilă, deoarece în procesul dezvoltării are loc nu numai realizarea posibilităţilor implicate în trecut, ci şi crearea unor posibilităţi principial noi, care nu erau cuprinse în toate stările precedente, dar au apărut ca consecinţe ale unor noi condiţii.

Cît priveşte expresia matematică a relaţiei dintre evenimentele aleatorii, sub formă de dependenţă funcţională, ea va reflecta realitatea numai în cazul cînd între evenimente există în mod obiectiv o relaţie funcţională guvernată de legi. În caz contrar, orice funcţie scrisă pentru aceste evenimente nu va fi decît o ajustare artificială. Această funcţie poate exprima într-o formă reuşită relaţia dintre evenimentele trecutului, dar ea se poate dovedi total inaplicabilă evenimentelor

[8] Citat după V. F. Lenzen, *Causality in Natural Science*, p. 18.

Scanned with OKEN Scanner

viitoare care se vor produce independent de cele trecute. În cartea sa *Cunoașterea umană*, B. Russell dă un exemplu potrivit pentru astfel de cazuri : „Să luăm,... numerele tuturor taxiurilor, pe care le-am luat în cursul vieții mele și momentele la care le-am luat. Vom obține un șir finit de numere întregi și un șir finit de momente corespunzătoare ale timpului. Dacă la momentul t am luat taxiul cu nr. n, atunci putem găsi incontestabil într-o infinitate de moduri, o funcție f, astfel ca formula $n=f(t)$ să fie adevărată pentru toate valorile lui n și ale lui t care au avut loc pînă în momentul de față. Infinitatea acestei formule se va dovedi greșită pentru următorul taxi pe care-l voi lua, dar va mai rămîne o infinitate de formule adevărate. În momentul cînd voi muri, evidența va putea fi sistată. Și totuși, va mai rămîne o infinitate de formule posibile, care vor putea pretinde rolul de lege care leagă numărul taxiului de momentul cînd l-am luat“... „Meritul acestui exemplu pentru scopul pe care-l urmăresc aici — adaugă Russell — constă în absurditatea sa evidentă. În sensul în care credem în legile naturii, am spune că nu există o lege care să stabilească relația dintre n și t în formula de mai sus, și că dacă vreuna dintre formulele propuse se va dovedi eficace, aceasta va fi rezultatul unui simplu hazard“[9].

Orice lege presupune o legătură care se repetă regulat între fenomene și în care realizarea unui fenomen depinde organic de prezența altuia. Dacă nu se constată o astfel de legătură, nu avem voie să vorbim despre existența unei legi pentru respectivele fenomene și, prin urmare, nici despre semnificația obiectivă a funcției pe care am putea să o scriem.

Nu orice conexiune cauzală poate fi scrisă sub forma unor ecuații matematice. În lumea materială există un important grup de conexiuni cauzale care nu sînt obiectiv funcționale și care, de aceea, nu sînt susceptibile de o expresie matematică adecvată.

Pentru a exprima cît mai adecvat un anumit fenomen sub forma unui sistem de ecuații bine determinat, este necesar ca respectivul fenomen să satisfacă următoarele condiții : 1) el trebuie să aibă în mod obiectiv o determinare cantitativă precisă, adică să fie caracterizat prin parametri stabili și prin valori stabile ale proprietăților ; 2) este important ca respectivul fenomen să apară ca verigă într-un lanț de evenimente legate într-un mod univoc, pe deplin determinat ;

[9] B. Russell, *Cunoașterea umană*, pp. 347—348.

3) trebuie ca acest fenomen să aibă un caracter de masă, stereotip, să fie repetabil şi stabil. În cazul respectării acestor condiţii fundamentale, fenomenul poate fi reprezentat în principiu sub forma unui sistem de ecuaţii, sau sub forma uneia dintre soluţiile unui sistem, oricît de complicată ar fi forma acestor ecuaţii.

În lume există însă o mulţime de fenomene care nu satisfac fie una dintre aceste condiţii, fie pe toate trei. Aceste fenomene nu mai pot fi exprimate prin ecuaţii. Ca exemplu pentru astfel de fenomene putem cita toate procesele sau evenimentele care apar ca rezultat al unui concurs de împrejurări unic şi care posedă o individualitate bine determinată. Astfel, accidentele de circulaţie au întotdeauna o cauză, dar aceasta nu înseamnă că pentru fiecare dintre ele există obiectiv o relaţie funcţională din care respectivul accident să rezulte cu necesitate. De asemenea, sînt individuale particularităţile psihice ale fiecărui om, relaţiile sale cu alţi oameni, evenimentele neobişnuite din viaţa sa etc. Şi în natură există o mare mulţime de evenimente individuale. Toate aceste fenomene nu pot fi exprimate adecvat prin ecuaţii, deoarece pentru alcătuirea ecuaţiilor este necesar ca fenomenul considerat să fie stabil, stereotip şi să se repete, ceea ce nu se întîmplă în acest caz. Desigur, aceasta nu înseamnă că toate fenomenele menţionate ar fi incognoscibile. Ele pot fi cunoscute, incontestabil, pe baza unor metode de descriere calitativă, pot fi dezvăluite şi diversele lor caracteristici cantitative, dar tot acest ansamblu de cunoştinţe, oricît ar fi el de complet nu va fi echivalent cu o ecuaţie. Căci orice ecuaţie presupune că fenomenul descris de ea poate fi reprodus ori de cîte ori vrem, dacă sînt respectate condiţiile menţionate mai sus. În cazul de care ne ocupăm aici însă, ne lovim de un eveniment individual şi care nu se repetă, de un fenomen care nu se lasă reprodus pe deplin. De aceea, orice funcţie scrisă pentru astfel de fenomene nu va fi decît o ajustare artificială a unei formule alese în mod special, pentru rezultate dinainte cunoscute. Această funcţie poate reflecta legătura dintre evenimente trecute, dar ea va fi total inaplicabilă evenimentelor viitoare, care se vor produce independent de cele din trecut[10].

[10] Cele spuse în legătură cu limitele descrierii funcţionale pot fi de mare importanţă pentru definirea limitelor eventuale ale aplicabilităţii ciberneticii. Orice maşină cibernetică se bazează în funcţionarea ei pe un anumit program, întocmit de om sau de o altă maşină. Programarea presupune formalizarea fenomenelor considerate, ceea ce este posibil numai în cazul cînd respectivele fenomene cuprind relaţii funcţionale. De aceea, dispozitivele

Scanned with OKEN Scanner

Trebuie subliniat că evenimentele examinate aici nu sînt identice cu cele pe care le studiază teoria probabilităţilor şi, de aceea, realizările acestei teorii în obţinerea unor ecuaţii pentru fenomenele aleatorii nu pot servi ca obiecţie împotriva celor expuse mai sus. Teoria probabilităţilor cercetează evenimente aleatorii cu caracter de masă, care, tocmai datorită caracterului lor de masă, repetabil şi stereotip, se supun legilor statisticii. În cazul de faţă însă, este vorba despre evenimente individuale şi irepetabile, cărora noţiunea de probabilitate nu li se aplică. De aceea, evenimentele menţionate nu pot fi descrise pe baza legilor funcţionale statistice.

Luarea în considerare a conexiunilor cauzale nefuncţionale se întîlneşte în cel mai înalt grad în domeniul fenomenelor sociale. Dacă în natură putem face abstracţie de mulţimea de particularităţi neesenţiale ale fiecărui corp aparţinînd aceleiaşi forme de materie, considerîndu-le pe toate ca pe o calitate omogenă, pentru o mulţime de fenomene sociale aceasta nu mai este posibil. În societate, fiecare om posedă trăsături fizice şi psihice individuale şi reprezintă o calitate individualizată. Tot astfel, sînt irepetabile diversele evenimente istorice, raporturile dintre diversele grupuri ale societăţii în diferite perioade etc. În sfîrşit, în societate acţionează factorul subiectiv, absent în natură. De aceea, în societate relaţiile cauzale nefuncţionale sînt mai frecvente decît în orice alt domeniu de fenomene. Datorită acestui fapt, în societate legile de dezvoltare se manifestă într-o formă întrucîtva diferită decît în natură. În domeniul naturii, fiecare lege concretă se realizează cu precizie sub forma unei dependenţe funcţionale, la orice moment concret al timpului. De exemplu, dacă două corpuri se atrag în urma acţiunii cîmpurilor gravitaţionale, forma de atracţie dintre ele va fi, la *orice moment dat*, direct proporţională cu produsul dintre masele lor şi invers proporţională cu pătratul distanţei dintre ele, în conformitate cu cunoscuta lege newtoniană a gravitaţiei. Legile dezvoltării sociale se manifestă într-un mod cu totul diferit. Aici, ele

---

cibernetice pot fi utilizate cu succes la cercetarea tuturor problemelor pur matematice, a tuturor formelor de dependenţe funcţionale, inclusiv şi a celor cauzale. Dar ele nu vor da nicidecum o descriere satisfăcătoare a unor conexiuni cauzale nefuncţionale, care sînt strict individuale şi irepetabile. Aceste fenomene vor fi cercetate şi pe viitor, mai ales prin metode calitative. De aceea, dezvoltarea ciberneticii nu va conduce niciodată la crearea unui dispozitiv care să fie în *toate privinţele* mai perfecţionat decît creierul omului în reflectarea realităţii, dat fiind că creierul omului este capabil să reflecte sub toate aspectele şi conexiunile cauzale nefuncţionale.

Scanned with OKEN Scanner

nu se realizează la fiecare moment dat, ci acţionează numai sub formă de *tendinţă,* care se realizează numai în decursul unui interval de timp suficient de mare. De exemplu, dacă luăm legea concordanţei obligatorii a forţelor de producţie şi a relaţiilor de producţie, atunci, urmărindu-i acţiunea, ne putem da seama că ea nu se realizează la orice moment, ci acţionează doar sub formă de tendinţă. Aceasta înseamnă că în perioade istorice diferite, în diverse ţări poate să nu aibă loc concordanţa dintre forţele de producţie şi relaţiile de producţie, ele se pot afla într-o stare de conflict sau chiar de antagonism. În ultimă instanţă însă, această concordanţă se stabileşte datorită schimbării raporturilor de producţie. Tot astfel, legea dezvoltării proporţionale în cadrul societăţii socialiste nu înseamnă că această dezvoltare proporţională este prezentă la fiecare moment concret al timpului. Acelaşi lucru se poate spune şi cu privire la alte legi sociale. De aceea, considerăm necesar să distingem *legile care sînt dependenţe funcţionale stabile şi legile care se manifestă ca tendinţă.* Primele se caracterizează printr-o determinare cantitativă precisă şi cu parametri stabili, pe cînd celelalte nu posedă aceste particularităţi, deoarece cuprind un mare număr de conexiuni cauzale nefuncţionale. Existenţa acestor două forme de legi nu este nici pe departe înţeleasă totdeauna, ceea ce constituie uneori izvorul unor grave erori teoretice. Unii sociologi burghezi neagă caracterul obiectiv al legilor dezvoltării sociale, plecînd de la considerentul că ei nu constată în societate formele de dependenţe funcţionale existente în natură. Ei recunosc ca legi numai dependenţele cunoscute în ştiinţele naturii. Această negare este total inconsistentă, deoarece contrazice întreaga experienţă a istoriei. Ar fi însă greşit să susţinem că legile societăţii acţionează la fel ca legile naturii, deoarece ele caracterizează fenomenele în care sînt larg răspîndite relaţiile cauzale nefuncţionale.

4. Problema expresiei funcţionale a conexiunilor cauzale în ştiinţa contemporană

Ne vom ocupa acum de domeniul de fenomene în care cauzalitatea şi dependenţa funcţională coincid complet sau în mare măsură.

Actuala fizică matematică a înregistrat rezultate importante în cunoaşterea dependenţelor funcţionale. Ea a enunţat legi importante ale naturii sub formă de ecuaţii care ne permit

Scanned with OKEN Scanner

să dezvăluim nu numai latura calitativă, ci şi latura cantitativă a fenomenelor. Confirmarea în practică a concluziilor teoretice arată în mod convingător că tendinţa de a exprima legile sub formă de relaţii funcţionale se sprijină pe o bază obiectivă profundă. Această bază constă în faptul că înseşi legile naturii, reflectate în teorie sub forma ecuaţiilor corespunzătoare, reprezintă obiectiv dependenţe funcţionale, sau sînt bazate pe astfel de dependenţe. Pentru a demonstra aceasta, vom examina mai amănunţit ce anume reprezintă legile naturii.

În unele lucrări filozofice, legea obiectivă este definită ca o legătură esenţială, stabilă, constantă între diverse lucruri şi fenomene. După părerea noastră, această definiţie nu poate fi considerată întru totul exactă. Legătura între fenomene ca atare nu este încă identică cu legea; dimpotrivă, legătura însăşi este subordonată legii, care este distinctă de ea. Astfel, în orice corp solid există o legătură esenţială şi stabilă între moleculele, atomii şi particulele „elementare" care îl constituie. Dar această legătură nu este încă o lege. Va fi lege numai *ordinea, tipul legăturilor, al relaţiilor, al conexiunilor* datorită cărora reunirea microparticulelor într-un sistem de dimensiuni mari are loc tocmai în modul constatat, şi nu în alt mod. Dacă vom considera însă drept lege simplul fapt al existenţei unei legături esenţiale şi stabile, ar trebui să recunoaştem că atît relaţiile electromagnetice, gravitaţionale, nucleare dintre microparticule, cît şi conexiunile lor de altă natură se supun aceleiaşi legi, dat fiind că, în toate aceste cazuri, avem o legătură stabilă şi constantă, astfel că ele satisfac toate definiţia de mai sus a legii. Or, este cunoscut că toate relaţiile menţionate se supun unor legi calitativ diferite şi deci nu avem voie să definim legea numai ca legătură esenţială şi stabilă, ci trebuie să introducem în definiţie şi ordinea, *caracterul, particularităţile specifice* ale respectivelor legături.

Această ordine a legăturilor presupune o relaţie bine determinată între elementele componente ale sistemului, astfel încît atunci cînd variază stările unor elemente, celelalte nu mai variază în mod arbitrar, ci în conformitate cu legea care acţionează în ele. O astfel de relaţie este tocmai dependenţa funcţională dintre elementele constitutive ale sistemului. Ajungem astfel la concluzia că relaţiile funcţionale există obiectiv şi caracterizează conţinutul intim al legilor naturii. În acest caz, orice lege obiectivă *concretă* a naturii poate fi definită ca ordinea stabilă a legăturilor (sau tipul lor), care implică o

Scanned with OKEN Scanner

relație funcțională între elementele în interacțiune. Înțelegem aici prin elemente diversele obiecte și fenomene materiale, precum și proprietățile lor posibile. Relația funcțională poate avea o formă oricît de complicată. O funcție poate să depindă de o variabilă și de mai multe, ba chiar de o infinitate de variabile. Ea poate fi determinată de alte funcții, poate reprezenta o lege dinamică sau una statistică etc. Dar, prezența relației funcționale este unul dintre factorii indispensabili pentru existența legii. Acolo unde nu există o ordine stabilă a conexiunii, care să presupună o relație funcțională între elementele ce acționează, nu se poate vorbi despre o lege obiectivă concretă[11]. Orice lege concretă, care există în mod real, posedă nu numai o determinare calitativă, ci și una cantitativă, care nu se poate manifesta altfel decît sub forma unei relații funcționale între fenomene, în sfera de acțiune a respectivei legi.

Relațiile funcționale care există în mod obiectiv trebuie deosebite de dependențele funcționale exprimate în limbajul matematicii și care reflectă aceste relații funcționale obiective. Descrierea funcțională a legilor se lovește de probleme cu un grad de dificultate diferit. În cazurile cele mai simple, se pune problema de a afla valoarea unei funcții după valoarea uneia sau a mai multor variabile, în condiții cînd legea dependenței este dinainte cunoscută. În cazurile mai complicate trebuie aflată legea dependenței, însăși funcția, pe baza analizei datelor experimentale și pe baza altor funcții deja cunoscute. Această din urmă problemă presupune alcătuirea și rezolvarea ecuațiilor diferențiale și integrale corespunzătoare. Cu ajutorul acestor ecuații putem exprima în prezent legile unui mare număr de corpuri cunoscute, începînd cu particulele „elementare" și terminînd cu corpurile cosmice. Chiar fenomenele biologice și cele sociale admit posibilitatea unei investigații matematice, deoarece și în aceste domenii există diverse forme de dependențe funcționale. Ce-i drept, cu cît un fenomen este mai complex, cu atît este mai greu să găsim formularea cantitativă a legii care-l guvernează. Dar aceste dificultăți nu pot fi considerate principiale, deoarece, pe măsura dezvoltării științei apar mereu noi și puternice

[11] Această propoziție se referă numai la legile concrete ale naturii și ale societății, care acționează în condiții determinate. Cît privește legile cele mai generale ale lumii materiale, concluziile de mai sus nu li se pot aplica, deoarece aceste legi nu au determinare cantitativă și nu pot fi exprimate în formă funcțională. Amănunte în această privință vor fi date mai departe.

Scanned with OKEN Scanner

metode de cercetare teoretice şi tehnice. Este suficient să amintim dezvoltarea din ultimii ani a tehnicii electronice de calcul care a făcut posibilă cercetarea matematică a unor procese ce păreau înainte total inaccesibile pentru aceasta. Trebuie să avem în vedere şi faptul că pentru cercetarea cantitativă a fenomenelor nu este necesar adesea să obţinem ecuaţiile lor precise. Este suficient numai să stabilim dependenţa dintre procesele principale care determină fenomenele. Luarea în considerare a tuturor factorilor care acţionează aici ar conduce doar la o extremă complicare a întregii probleme şi ar exclude posibilitatea soluţionării ei rapide. Sarcina cercetării matematice a naturii constă tocmai în a găsi în orice fenomen numărul minim de factori care determină trăsăturile fundamentale ale fenomenului, pentru a alcătui o expresie matematică cît mai simplă, permiţînd aflarea relativ rapidă a soluţiei şi care să descrie totodată adecvat procesul. După cum a remarcat V. I. Lenin, practica apare ca criteriu al adevărului şi ca determinant al legăturii dintre obiect şi ceea ce îi este necesar omului.

Să analizăm unele rezultate importante ale fizicii moderne, legate de înţelegerea mai profundă a cauzalităţii şi a fenomenelor exprimării ei funcţionale.

În fizica clasică, conexiunea cauzală a fenomenelor era exprimată în ecuaţiile diferenţiale ale mecanicii, ale hidrodinamicii şi ale teoriei electromagnetismului, care considerau starea oricărui sistem ca funcţie de timp şi de forţele ce acţionează asupra sistemului. La baza acestor ecuaţii stătea supoziţia fizică potrivit căreia starea unui sistem fizic la un moment dat al timpului determină univoc starea ei la orice moment viitor, cu condiţia să nu intervină acţiuni exterioare perturbatoare. De aceea, dacă sînt cunoscute condiţiile şi forţele iniţiale care acţionează asupra sistemului, rezolvarea ecuaţiei diferenţiale dă posibilitatea de a prevedea univoc comportarea unui sistem izolat în orice moment al viitorului.

Ca factori şi cauze iniţiale a căror cunoaştere este necesară pentru a prevedea starea viitoare a unui sistem, nu se considerau, în mod natural, toate proprietăţile şi interacţiunile obiectelor materiale constitutive ale sistemului, ci numai unele dintre ele: în primul rînd, coordonatele şi impulsurile elementelor sistemului, precum şi forţele care acţionează asupra lor. În mecanica cerească, cunoaşterea acestor caracteristici este efectiv suficientă pentru explicarea cauzală a mişcării corpurilor din sistemul solar, deoarece toate corpu-

Scanned with OKEN Scanner

rile care interacţionează pot fi considerate aici ca puncte materiale, făcînd abstracţie de structura lor şi de modificările lor interne. Dar de aici încă nu rezultă că aceste reprezentări ar fi valabile şi în privinţa altor sisteme materiale. Dacă ele erau considerate valabile, faptul se explică numai prin aceea că în mecanica clasică corpurile erau privite ca fiind constituite din atomi lipsiţi de structură, iar unui astfel de atom i se poate aplica de asemenea noţiunea de punct material. În această formulare simplificată a condiţiilor necesare pentru prevederea stării viitoare a unui sistem era cuprinsă una dintre laturile slabe ale determinismului mecanic. Ulterior, cînd s-a dezvoltat mecanica cuantică, susmenţionata formulare simplificată a servit ca unul dintre motivele principale pentru atacurile dezlănţuite de idealişti împotriva principiului cauzalităţii.

În mecanica cuantică s-a demonstrat că cunoaşterea simultană precisă a coordonatelor şi a impulsurilor, necesară pentru prevederea viitoare a microparticulelor, este irealizabilă, deoarece microparticulele nu posedă în mod obiectiv astfel de caracteristici.

Dacă electronul ar fi o sferă microscopică încărcată, el ar poseda aceste proprietăţi şi atunci enunţarea problemei în spiritul mecanicii clasice nu şi-ar pierde valabilitatea. Dar electronul nu este numai o formaţie discretă, el are şi proprietăţi ondulatorii. De aceea, coordonatele şi impulsul lui nu pot fi simultan mai exact determinate decît permite relaţia de nedeterminare.

În mecanica cuantică au fost obţinute noi dependenţe funcţionale pentru descrierea cauzală a mişcării microobiectelor. Una dintre aceste relaţii matematice este celebra ecuaţie a lui Schrödinger. Soluţia acestei ecuaţii este funcţia de undă; pătratul modulului acestei funcţii exprimă probabilitatea de a găsi microparticula într-o regiune anumită a spaţiului. Aşadar, mecanica cuantică nu ne dă o predicţie univocă a comportării microparticulei, ea ne dă numai o predicţie probabilistică.

Este oare această trăsătură a predicţiei principială, sau este determinată de limitele descrierii cuantice actuale? Este oare posibil, cel puţin în principiu, să găsim o funcţie care să ne dea descrierea univocă a tuturor particularităţilor comportării microobiectelor? Această problemă este echivalentă cu cea a posibilităţii de a reduce legile statistice le cele dinamice. Fizica clasică a dat răspuns afirmativ la această problemă. În ea se presupunea că evoluţia lumii este un

Scanned with OKEN Scanner

proces univoc determinat. În fiecare stare dată a unui sistem sînt cuprinse ca posibilitate toate stările lui ulterioare. Dezvoltarea, evoluția este o desfășurare a posibilităților inerente sistemului și efectul nu cuprinde nimic esențial nou în comparație cu ceea ce exista în cauză. De aceea, dacă s-ar putea afla cauzele tuturor fenomenelor în prezent, s-ar putea prevedea toate efectele posibile într-un viitor oricît de îndepărtat. Formularea fizică concretă a acestor concepții a fost dată de Laplace în lucrarea sa *Încercare de filozofie a teoriei probabilităților*.

În conformitate cu aceasta, probabilitatea era considerată în fizica clasică drept măsură a necunoașterii tuturor cauzelor fenomenelor, după cum hazardul, întîmplarea apărea ca necesitate necunoscută. Se considera că dacă s-ar putea cunoaște toate cauzele fenomenelor, s-ar putea înlătura total hazardul, iar împreună cu el și probabilitatea din sfera predicției.

Orice lege statistică era definită ca rezultat al acțiunii unor legi dinamice necunoscute, ținînd de microstructura fenomenelor.

Este cazul să arătăm că formularea inițială a principiului determinismului, dată de materialiștii francezi din secolul al XVIII-lea, era considerabil mai cuprinzătoare decît cea care s-a afirmat ulterior în mecanica clasică. Materialiștii francezi erau de părere că pentru a prevede viitorul este necesară cunoașterea tuturor cauzelor aparținînd prezentului, și ei subînțelegeau că respectivele cauze pot fi oricît de complicate. În mecanica clasică, prevederea viitorului unui sistem era pusă în legătură cu cunoașterea prealabilă numai a forțelor, coordonatelor și a impulsurilor particulelor componente ale corpului. Această limitare a condițiilor era un rezultat al concepțiilor metafizice asupra constituției materiei, care au existat în fizica secolelor XVIII—XIX. Aici, materia era considerată ca un ansamblu de atomi indivizibili, identificați cu puncte materiale. Or, caracteristicile principale ale punctelor materiale sînt tocmai coordonatele și impulsurile.

Mecanica cuantică a respins această formulare simplistă a principiului determinismului, dar ea nu a infirmat determinismul care fusese enunțat anterior în filozofia materialistă și conform căruia, pentru a prevedea viitorul este necesară cunoașterea *tuturor cauzelor* prezente, nu numai a coordonatelor și a impulsurilor. De aceea, nu este o întîmplare faptul că în ultimii ani au fost reluate diferitele încercări de a construi o teorie deterministă a mecanicii cuantice pe baza

Scanned with OKEN Scanner

ipotezei parametrilor ascunşi, necunoscuţi observatorului, dar care determină univoc comportarea microparticulelor.
Incontestabil, în structura microobiectelor există foarte mulţi parametri ascunşi, care determină comportarea lor şi ar fi un dogmatism să absolutizăm starea actuală a teoriei cuantice, negînd posibilitatea unei predicţii mai precise a comportării microobiectelor după punerea în evidenţă a acestor parametri ascunşi. După părerea noastră, ar fi greşit şi să trecem la cealaltă extremă : să negăm caracterul obiectiv al funcţiilor probabilistice şi să admitem posibilitatea reducerii complete a legilor statistice la legi dinamice. Un astfel de punct de vedere ne-ar readuce la determinismul mecanicist care conduce la fatalism.
Legile dinamice care ne permit ca, după starea iniţială a sistemului să prevedem univoc stările sale viitoare, acţionează numai în sisteme autonome relativ simple, ale căror proprietăţi sînt determinate în principal de conexiunile lor interioare. Însă materia este inepuizabilă în structura ei, şi fiecare sistem cuprinde în sine sisteme sau obiecte de dimensiuni mai mici, al căror număr poate fi oricît de mare. Iar acolo unde există o mare mulţime de obiecte, intră în vigoare legile statisticii. Prin urmare, funcţiile probabilistice nu pot fi eliminate din nici o teorie a predicţiei.
Absolutizarea legilor dinamice în fizica clasică era determinată de concepţiile metafizice asupra materiei, de admiterea unor elemente ultime lipsite de structură şi a unor legi de mişcare ultime, absolut elementare, care le corespund. Din punctul de vedere al reprezentărilor actuale asupra materiei, orice microparticulă este inepuizabilă în astructura ei şi cuprinde o infinitate de elemente materiale cu cele mai diferite proprietăţi. De aceea, nici o lege de mişcare nu este primară, ci are la baza sa alte legi, mai profunde. Aceste legi exprimă atît interacţiunea diverselor elemente ale materiei care constituie particula considerată, cît şi interacţiunea întregului lor ansamblu. De aceea, legile despre care vorbim trebuie să aibă atît aspecte de ordin dinamic, cît şi elemente statistice. Pe măsura pătrunderii mai adînci în structura materiei, ne vom lovi de o continuă lărgire a sferei legilor statistice şi a proceselor probabilistice, fapt în urma căruia programul determinismului mecanic de a elimina din teorie funcţiile probabilistice se dovedeşte principial irealizabil.
O altă eroare a determinismului mecanic a constat în soluţionarea greşită a problemei posibilităţii şi realităţii. Conform acestei concepţii, tot ce există în lume a fost cuprins sub

Scanned with OKEN Scanner

formă de posibilitate în stări precedente, oricît de îndepărtate în timp, iar evoluţia nu era decît o desfăşurare a posibilităţilor date de la bun început. Deşi, la prima vedere, această concepţie pare valabilă, promovarea ei consecventă duce la fatalism. Din acest punct de vedere va trebui să negăm şi orice dezvoltare, şi apariţia noului în natură, deoarece schimbarea naturii în timp nu va fi decît desfăşurarea unor calităţi care au existat din totdeauna sub formă de posibilitate, şi deci în lume nu va putea să ia naştere nimic nou. Or, în realitate, procesul evoluţiei nu este numai o realizare a posibilităţilor cuprinse în stările trecute, ci şi apariţia unor posibilităţi principial noi, care nu erau implicate în stările anterioare şi care au apărut ca tendinţe ale unor noi stări.

Pentru a demonstra această teză, vom analiza felul în care se produce transformarea posibilităţii în realitate în dezvoltarea naturii. În fiecare sistem material, posibilităţile sînt *tendinţe* a căror realizare depinde de acţiunea legilor interne ale sistemului şi de condiţiile exterioare existente. Dintre toate posibilităţile cuprinse în sistem, pot deveni realitate relativ puţine. Are loc un fel de „selecţie“ a posibilităţilor şi se realizează numai acelea dintre ele care sînt în cea mai bună concordanţă cu condiţiile exterioare ale momentului. De exemplu, fiecare organism viu este în stare să dea o descendenţă foarte mare, dar din întreaga mulţime de celule sexuale numai foarte puţine se dezvoltă, devenind organisme independente, pe cînd celelalte pier. Într-un mediu nutritiv favorabil, o singură bacterie ar putea reproduce într-o zi 10^{25} indivizi, iar în timp de 4 zile şi jumătate 10^{36} indivizi[12], ceea ce reprezintă, ca masă, de cîteva mii de ori mai mult decît masa tuturor organismelor din biosferă. Dar din această mulţime colosală de posibilităţi trece în realitate o mulţime de un ordin incomparabil mai mic, pe cînd restul posibilităţilor nu se realizează şi dispar cu totul.

O „selecţie“ a posibilităţilor există în orice dezvoltare. Chiar însăşi existenţa unor corpuri complexe este rezultatul unor „selecţii“ sau al unei limitări a posibilităţilor. Fiecare microparticulă care constituie un corp ar putea în stare liberă să posede o mulţime de grade de libertate, cărora să le corespundă cele mai variate mişcări. În cadrul corpului însă,

---

[12] V. I. Vernadski, *Izbranniee socineniia,* t. I, Izd-vo AN SSSR, M., 1954, p. 185.

Scanned with OKEN Scanner

posibilităţile de mişcare ale particulei sînt puternic limitate, deoarece ea se poate mişca numai într-un mod riguros determinat, în conformitate cu legea internă a organizării respectivului sistem.

Posibilităţile nerealizate pot să dispară o dată cu dispariţia sistemului căruia îi erau inerente. În schimb, o dată cu apariţia unor noi sisteme, vor lua naştere posibilităţi care nu existaseră înainte. Aceste posibilităţi vor corespunde unor stări calitative nou apărute ale materiei. Ajungem aici la concluzii diametral opuse concepţiei determinismului mecanic şi care ne permit să-l infirmăm. Dacă dezvoltarea naturii ar fi un proces univoc determinat, în care ar avea loc *numai* realizarea posibilităţilor cuprinse în el dinainte, fără ca să poată apărea posibilităţi noi, atunci, în decursul timpului, mulţimea acestor posibilităţi ar trebui să se micşoreze mereu în urma selecţiei, pînă cînd, la sfîrşit, toate posibilităţile ar dispărea şi orice dezvoltare ar înceta.

În adevăr, să presupunem că, la un anumit moment, au existat în lume M posibilităţi, mulţimea aceasta M fiind infinită. Deoarece evoluţia determină o selecţie a posibilităţilor, în cursul timpului, din această mulţime M ar deveni realitate o mulţime de ordin mai mic, pe care o vom nota cu $M^{\frac{1}{n}}$ (unde n este un număr mult mai mare decît 1). Starea nou apărută s-ar caracteriza prin $M^{\frac{1}{n}}$ posibilităţi, dintre care de-a lungul timpului ar trece în realitate numai $(M^{\frac{1}{n}})^{\frac{1}{n}}$, pe cînd celelalte posibilităţi ar dispărea. În această a treia stare ar fi şi mai puţine posibilităţi, şi din ele s-ar transforma în realitate mulţimea $\left\{\left(M^{\frac{1}{n}}\right)^{\frac{1}{n}}\right\}^{\frac{1}{n}}$ etc. În condiţiile acestei reduceri rapide a mulţimii de posibilităţi, într-un *timp infinit* ar trebui să aibă loc o degenerare a tuturor acestor posibilităţi, chiar dacă mulţimea infinită iniţială avea puterea continuului. Mulţimea infinită iniţială s-ar reduce într-un timp infinit la o mulţime conţinînd numai un singur element :

$$\left\{\left[\left(M^{\frac{1}{n}}\right)^{\frac{1}{n}}\right]^{\frac{1}{n}}\right\} \to 1 \text{ pentru } t \to \infty.$$

Dar o singură posibilitate poate caracteriza un fenomen cu totul infinit, de exemplu un grad de libertate în mişcarea unui electron şi de îndată ce electronul se va deplasa în direcţia

corespunzătoare, această posibilitate va fi realizată. Atunci nu va mai rămîne nici o singură posibilitate și întreaga mulțime se va reduce la zero. Dar aceasta este echivalent cu oprirea oricărei transformări și dezvoltări.

Însă lumea reală nu prezintă nici o tendință de a trece la o astfel de stare. Prin urmare, dacă recunoaștem infinitatea existenței lumii în timp, trebuie să admitem că în dezvoltare are loc nu numai o realizare a posibilităților existente în trecut, ci și crearea unor posibilități principial noi, neimplicate în stările anterioare. Această creare nu este o încălcare a principiului cauzalității sau a legilor de conservare a materiei și a proprietăților ei. Noile posibilități nu apar fără cauză, ci ca tendință a noilor stări ale materiei, inexistente în trecut. Această lege este determinată de faptul că în conexiunea cauzală a fenomenelor din cadrul dezvoltării se realizează acțiunea *din aproape în aproape*, și nu acțiunea la distanță. Aceasta înseamnă că fiecare mulțime de cauze date determină numai efectele care rezultă nemijlocit din ea, nu și pe cele care ar putea să apară într-un viitor îndepărtat. Acestea vor trebui să fie determinate direct de cauzele care le vor preceda și care, la rîndul lor, urmează abia să apară în procesul transformării sistemului. Astfel, cînd a existat norul de gaze și pulberi care a constituit baza materială pentru formarea Soarelui și a planetelor, el nu cuprindea încă posibilitatea speciilor vegetale și animale în formele cunoscute nouă, și cu atît mai puțin, posibilitatea unor evenimente ca cele ce au avut loc în dezvoltarea societății umane. Norul nu implica decît posibilitatea formării Soarelui și a planetelor. Cînd au apărut Soarele și planetele, pe Pămînt și pe alte cîteva planete, au luat naștere posibilitățile apariției substanței vii, ca rezultat al evoluției materiei anorganice. Pe Soare o astfel de posibilitate nu putea să apară. O dată cu substanța vie a apărut o mulțime de alte posibilități în dezvoltarea materiei, pînă cînd, în sfîrșit, ca urmare a realizării consecutive a acestor posibilități, precum și a creării unor posibilități principial noi, au luat naștere animalele superioare, iar apoi societatea umană. De aceea, chiar dacă „rațiunea" despre care vorbește Laplace ar fi putut să cunoască poziția relativă a tuturor particulelor acestei nebuloase, precum și forțele care acționau între ele, iar apoi să reprezinte această conexiune cauzală sub forma unei dependențe funcționale unitare, ea tot nu ar fi putut să determine decît starea imediat următoare a sistemului, care rezulta nemijlocit din starea respectivă a nebuloasei, dar ea nu ar fi fost

Scanned with OKEN Scanner

în stare să prevadă nici caracterul specific al diverselor specii vegetale şi animale pe Pămînt, nici, cu atît mai puţin, evenimentele istorice din viaţa societăţii. Căci posibilităţile realizării acestor fenomene nu erau implicate în acea stare a materiei, ele au apărut mult mai tîrziu, ca rezultat al interacţiunii cauzelor care le-au precedat nemijlocit.

Toate aceste fapte arată că funcţiile probabilistice din descrierea fenomenelor au un sens obiectiv, şi, de aceea, ele nu pot fi eliminate din teorie. Existenţa acestor funcţii este o consecinţă firească a unor legi obiective ce caracterizează relaţiile dintre posibilitate şi realitate, în dezvoltare. Probabilitatea obiectivă este măsura cantitativă a realizabilităţii evenimentelor posibile, exprimînd raportul dintre numărul de posibilităţi realizate şi numărul total de posibilităţi existente în stările precedente.

Dată fiind obiectivitatea probabilităţii, descrierea funcţională a comportării viitoare a oricărui sistem trebuie să aibă inevitabil limite. Predicţia precisă a viitorului îndepărtat este posibilă numai pentru sistemele autonome relativ simple care se supun în dezvoltarea lor unor legi dinamice. Aceasta este însă irealizabil pentru sistemele complexe, care depind de condiţii ce variază permanent şi sînt supuse unor legi statistice. Microprocesele sînt tocmai un gen de fenomene în care legile statistice joacă un rol important. De aceea, orice teorie ştiinţifică a microfenomenelor va conţine, inevitabil, funcţii probabilistice.

Nu putem fi nicidecum de acord cu afirmaţiile unor autori care consideră prezenţa funcţiilor probabilistice în mecanica cuantică drept o consecinţă a incompletitudinii şi a limitării ei.

Metodele fizicii matematice actuale dezvăluie sub aspect cantitativ numai formele cele mai elementare ale conexiunilor cauzale din natura anorganică. Cît priveşte fenomenele biologice şi cele sociale, aplicarea metodelor matematice în acest domeniu este încă neînsemnată, aici domină formulările calitative ale legilor. În fond, aceasta se explică prin marea complexitate a legilor care acţionează în aceste domenii. În fenomenele biologice şi cele sociale, desfăşurarea proceselor este determinată de un număr foarte mare de conexiuni dintre cele mai variate, a căror luare în considerare şi formalizare în limbajul matematicii este extrem de dificilă. Datorită însă dezvoltării tehnicii electronice de calcul şi creării metodelor de cercetare matematică aproximativă, metodele cantitative încep să pătrundă într-o măsură tot mai

Scanned with OKEN Scanner

mare în ştiinţele biologice şi chiar în ştiinţele sociale. Fundamentul obiectiv al acestei aplicări a matematicii constă în aceea că, atît în natura vie cît şi în societate, există un mare număr de conexiuni cauzale funcţionale care admit o formalizare.

În unele cazuri s-au realizat anumite succese în studiul matematic al acestor conexiuni. Astfel, ecuaţiile diferenţiale se folosesc într-un mod foarte eficace pentru analiza cantitativă a luptei pentru existenţă la populaţiile mixte. Există realizări esenţiale în cercetarea matematică a proceselor fizico-chimice din celulele organismului, în particular în neuroni în cadrul funcţionării sistemului nervos. Este uşor de înţeles ce mare importanţă practică ar avea pentru biologie şi medicină exprimarea relaţiilor funcţionale existente în organismul nostru, între diferitele sale organe, între caracterul influenţelor exterioare şi modificările corespunzătoare ale organismului. Aceasta ar pune la îndemîna medicinei un instrument puternic pentru combaterea diferitelor boli, ar ridica întreaga medicină spre o treaptă nouă şi superioară.

Numeroase procese din organismul viu sînt întemeiate pe legi statistice ; unele însă se desfăşoară după legi apropiate de cele dinamice. Astfel sînt procesele de dezvoltare embrionară în care noul organism nu capătă caractere arbitrare, ci caractere pe deplin determinate, corespunzătoare tuturor caracterelor biologice mai importante ale părinţilor. Evident, în viitor, toate aceste legi vor putea fi exprimate sub forma unor relaţii matematice, oricît ar fi ele de complicate. I. P. Pavlov scrie că „întreaga viaţă, de la organismele cele mai simple, pînă la cele mai complicate, cuprinzîndu-l bineînţeles şi pe om, este un lung şir de echilibrări cu mediul exterior, care se complică pînă la cel mai înalt grad. Va veni un timp — chiar dacă îndepărtat — cînd analiza matematică, bazată pe cea din ştiinţele naturii, va îmbrăţişa în formulele măreţe ale ecuaţiilor, toate aceste echilibrări, cuprinzîndu-se în sfîrşit un ele şi pe ea însăşi“[13]. Desigur, în toate aceste cazuri este vorba numai despre dependenţe funcţionale fiziologice, nu despre manifestările activităţii conştiente a omului. Viaţa spirituală a fiecărui om este individuală, irepetabilă, ea cuprinde sentimente, gînduri şi stări de spirit care se schimbă într-una. Or, pentru exprimarea funcţională trebuie să avem între fenomene o legătură permanentă, stabilă, irepetabilă,

[13] I. P. Pavlov, *Poln. sobr. soc.* t. III, partea I, Izd-vo AN SSSR, 1951, pp. 124—125.

Scanned with OKEN Scanner

conformă cu o anumită lege. În afară de aceasta, chiar dacă omul ar putea lua în considerare toți factorii care determină comportarea sa, numai această cunoaștere a viitorului său i-ar influența comportarea și, de aceea, starea calculată dinainte nu s-ar mai putea realiza.

Dependențe funcționale susceptibile în principiu de o exprimare matematică există și în domeniul fenomenelor sociale. Aici se încadrează, în primul rînd, fenomenele supuse unor legi statistice, de tipul legilor din producție, transporturi, comerț etc. Multe dintre ele se cercetează de pe acum cu succes prin metodele statisticii și ale teoriei probabilităților. Progresul ulterior în această direcție va face ca și științele sociale să folosească tot mai mult, cu timpul, metodele matematice.

5. Problema explicării cauzale a dependențelor funcționale

Să examinăm unele probleme legate de înțelegerea cauzală și funcțională a fenomenelor, pe planul teoriei cunoașterii. După cum am observat la începutul acestui capitol, una dintre sarcinile cele mai importante ale oricărei științe exacte constă în a găsi nu numai o formulare calitativă generală a legilor, ci și una cantitativă. Conexiunile cauzale trebuie exprimate sub forme de dependențe funcționale. Dar sarcina științei nu se reduce numai la atît. După ce a fost găsită expresia funcțională, se pune întrebarea de ce are această dependență funcțională tocmai această formă și nu alta, din ce cauză este ea așa. În majoritatea cazurilor, această problemă este considerabil mai complicată decît prima. De obicei este mai ușor să se afle funcția unei conexiuni cauzale decît cauza unei forme date a dependenței funcționale. În știința actuală există un mare număr de relații funcționale care exprimă laturi cantitative ale legilor naturii, dar numai în puține cazuri putem explica de ce are respectiva lege tocmai această formă și nu alta. Operînd cu legile nu le înțelegem în fapt sub aspectul motivării lor interne, ci ne obișnuim cu ele în urma desei lor utilizări. Obișnuindu-ne cu ele, le considerăm intuitiv inteligibile, cu atît mai mult cu cît sînt confirmate de experiență. Uneori, și sistemul didactic dogmatic învață pe unii oameni să nu se gîndească la latura ascunsă a fenomenelor și să o considere ceva de la sine

Scanned with OKEN Scanner

înţeles. Dar gîndirea cu adevărat ştiinţifică nu se opreşte la aspectul exterior al fenomenelor, ci tinde să le pătrundă esenţa, să le înţeleagă din punctul de vedere al fundamentului lor intim.

Ce înseamnă a înţelege un fenomen din punctul de vedere al fundamentelor şi al cauzelor sale interne? Înseamnă a-i găsi locul într-un grup de fenomene mai vast, în care el să apară ca efect al unor altor procese deja cunoscute. Tot astfel, a explica fundamentul intim al unei legi înseamnă a o încadra într-un sistem mai general de cunoştinţe şi legi din care ea să rezulte ca o consecinţă particulară. Prin urmare, dezvoltarea ştiinţei urmează nu numai calea diferenţierii orientărilor, ci şi calea sintetizării lor, a creării unor concepţii tot mai cuprinzătoare, şi în aceasta constatăm una dintre contradicţiile dialectice ale procesului cunoaşterii.

Multe dintre legile mecanicii clasice şi-au găsit explicaţia după ce au fost create teoria relativităţii şi mecanica cuantică, ale căror ecuaţii cuprind sub formă de cazuri particulare ecuaţiile mecanicii clasice şi trec în ele pentru anumite valori ale parametrilor.

În acelaşi timp însă, numeroase legi ale fizicii clasice nu şi-au găsit încă justificarea interioară, şi cu atît mai puţin nu o au legile mecanicii cuantice şi ale teoriei relativităţii. Dificultăţile se explică aici prin faptul că aproape fiecare lege este rezultatul interacţiunii a nenumărate cauze care aparţin unor grupuri de fenomene diferite. De exemplu, multe legi dinamice ale macrofizicii sînt rezultatul unor procese statistice care au loc o dată cu microfenomenele. Prin urmare, pentru a dezvălui cauzele unor astfel de dependenţe funcţionale, trebuie să cunoaştem respectivele microprocese, ceea ce înseamnă să pătrundem într-o esenţă de ordin mai adînc.

Dar în unele cazuri, cunoaşterea legilor din punctul de vedere al unor principii mai generale poate avea limite impuse de faptul că aceste principii mai generale nu există în mod obiectiv. Această teză se referă la legile cele mai generale ale lumii materiale, care exprimă proprietăţile fundamentale ale existenţei. Să luăm o lege atît de importantă cum este cea a conservării materiei şi mişcării. Este oare posibil să o exprimăm într-o formă matematică şi să aflăm apoi cauza acestei legi pe baza unui principiu şi mai general? Aici trebuie să răspundem negativ? În lume nu există nimic în

Scanned with OKEN Scanner

afară de materia în mișcare și de multiplele ei manifestări. De aceea, nu poate exista nici o cauză a existenței și a conservării materiei, care să se situeze deasupra ei și în afara ei. După cum a spus încă Spinoza, substanța este propria ei cauză. De aceea, este imposibilă și o exprimare funcțională a acestei legi, deoarece relația funcțională presupune dependența funcției de argument, care trebuie să fie diferit de functie. Dar, deoarece în lume nu există nimic în afară de materie, conservarea materiei nu poate fi pusă în dependență de altceva. Legea conservării materiei și a mișcării este un principiu filozofic care constituie fundamentul întregii înțelegeri raționale a lumii. Cît privește legile de conservare care se enunță matematic în fizica actuală, ele exprimă în fapt nu legea conservării materiei ca substrat al tuturor proceselor, ci legile conservării diverselor proprietăți ale materiei: masa, energia, impulsul, momentul cinetic, sarcina etc. Ce-i drept, cîteodată unii oameni de știință vorbesc despre legea conservării masei, considerînd-o ca lege a conservării materiei. Este însă o înțelegere greșită, care rezultă din identificarea greșită a noțiunilor de materie și de masă, cînd se știe că în realitate aceasta din urmă este doar una dintre proprietățile materiei.

Fiecare dintre legile de conservare menționate exprimă diverse laturi ale principiului universal al conservării materiei și mișcării. Este pe deplin natural ca acest principiu să se manifeste prin legile de conservare ale diverselor proprietăți ale materiei, deoarece materia nu se poate manifesta decît prin proprietățile ei concrete. Spre deosebire de principiul universal al conservării materiei, aceste legi de conservare pot fi exprimate sub formă funcțională și explicate din punctul de vedere al fundamentului lor cauzal.

Este adevărat că în fizica actuală legile de conservare a masei, a energiei, a sarcinii electrice etc. nu sînt explicate cauzal. Relațiile matematice care exprimă aceste legi nu constituie, în fapt, dependențe funcționale care să indice determinarea cauzală a respectivelor legi, ci numai simpla constatare a unor fapte experimentale, care arată că proprietăți ca energia, masa, momentul cinetic etc. se conservă, în toate transformările formelor cunoscute ale materiei.

Este oare posibil ca aceste legi să fie explicate cauzal? Nu trebuie să ne îndoim de aceasta. În raport cu aceste legi pot să existe legi și mai generale, din care ele să rezulte ca

Scanned with OKEN Scanner

anumite cazuri concrete. Aceste legi mai generale vor putea fi descoperite după ce vom dezvălui natura masei, a sarcinii electrice şi a altor proprietăţi.

Istoria fizicii mai cunoaşte cazuri de acest gen. Cîndva se credea că există legi de conservare pentru forţa vie, pentru cantitatea de căldură. De îndată ce s-a stabilit însă esenţa proprietăţilor exprimate prin aceste legi, au fost formulate legi de conservare mai generale şi mai precise, din care numeroase formulări anterioare se obţineau sub formă de soluţii particulare. În schimb, alte legi din această categorie, de exemplu legea conservării cantităţii de căldură, au fost infirmate şi înlocuite prin altele. Este foarte posibil ca atunci cînd vor fi găsite legi de conservare mai generale decît cele cunoscute în prezent, acestea să capete o explicaţie cauzală, iar unele dintre ele să fie eventual înlocuite prin relaţii mai profunde şi mai precise.

Mult timp s-a crezut că există o lege a conservării substanţei, care era considerată imuabilă. Acum, s-a demonstrat că substanţa este numai una dintre formele materiei. În anumite condiţii, particulele de substanţă pot să dispară, transformîndu-se în cuante ale cîmpului electromagnetic, care nu sînt substanţiale. De asemenea, este posibilă generarea unor particule de substanţă de către fotoni de mare energie. De aceea, este mai corect să nu vorbim despre legea conservării substanţei, ci despre legea conservării materiei, avînd totodată în vedere că materia este infinit de variată în manifestările ei.

În încheiere, să analizăm problema posibilităţii exprimării funcţionale a legilor generale ale materialismului dialectic. Am arătat mai sus că aceasta nu este posibil pentru legea conservării materiei şi a mişcării. Alte legi universale ale dialecticii materialiste, ca legea unităţii şi luptei contrariilor, legea trecerii reciproce a schimbărilor cantitative şi calitative şi legea negării negaţiei, nu pot fi exprimate nici ele într-o formă funcţională, însă dintr-o cauză oarecum diferită.

Formularea matematică precisă este posibilă numai pentru legile care posedă obiectiv determinare cantitativă exactă, adică sînt caracterizate printr-o relaţie funcţională stabilă, şi prin unele constante sau prin alţi parametri şi factori care se conservă. Legile dialecticii nu au această particularitate. Ele nu au determinare cantitativă precisă şi nu conţin constante sau alţi factori stabili. Pentru fiecare fenomen concret există o formă specifică a unităţii şi a luptei contrariilor, a

Scanned with OKEN Scanner

trecerii schimbărilor cantitative în schimbări calitative etc. Aceste particularităţi sînt determinate de natura intimă a fenomenelor şi de condiţiile exterioare variabile, care pot fi dintre cele mai diferite. Legile dialecticii nu exprimă anumite relaţii funcţionale concrete din natură, ci trăsăturile cele mai generale ale tuturor fenomenelor şi ale tuturor relaţiilor funcţionale. De aceea, ele nu se încadrează în categoria legilor funcţionale, ci apar ca legi universale de o importanţă primordială pentru înţelegerea tuturor fenomenelor realităţii.

Scanned with OKEN Scanner

V. Relația dintre legile dinamice și legile statistice în fizică

Dezvoltarea științelor moderne ale naturii și îndeosebi a fizicii se caracterizează prin aplicarea intensă și crescîndă a metodelor de cercetare statistice, prin rolul tot mai mare al calculului probabilităţilor.

Metodele statistice au pătruns în fizica clasică cu prilejul studiului proceselor moleculare, cînd, datorită lucrărilor lui J. Maxwell, L. Boltzmann, R. Clausius, J. Gibbs și ale altor savanţi a fost creat un nou capitol al ei: mecanica statistică. Metodele statistice joacă un rol uriaș și în fizica de astăzi. Statistica este o parte inalienabilă a tuturor teoriilor cuantice, care formează un capitol conducător al fizicii teoretice de astăzi.

Metodele de cercetare statistice, probabilistice își găsesc o largă aplicare și în alte ramuri ale studiului naturii, de exemplu în astronomie, în biologie (în particular în problemele de genetică), precum și în alte științe. Trebuie să subliniem în mod deosebit importanţa statisticii în una dintre cele mai tinere ramuri ale științei: teoria informaţiei.

Aplicarea cu succes a metodelor probabilistice, statistice în fizică a condus la elaborarea reprezentării asupra unor noi tipuri de legi: legile statistice. Încă în teoria cinetică a gazelor, metodele de cercetare statistice erau considerate nu ca procedee auxiliare pentru prelucrarea rezultatelor observaţiilor, ci au început să joace un important rol euristic: ele se bazau pe reprezentările atomistice asupra structurii materiei și au contribut, la rîndul lor, la dezvoltarea și la afirmarea acestora. În prezent se poate considera ca fapt demonstrat că legile statistice exprimă conexiuni necesare existente în fenomene foarte numeroase și variate ale naturii.

Dar, deși știința actuală a naturii și dezvoltarea ei ulterioară nu pot fi concepute fără folosirea statisticii, înţelegerea filozofică a acestui nou tip de legi — cele statistice — este încă departe de a fi desăvîrșită. În problemele fundării legilor

Scanned with OKEN Scanner

statistice, în problemele stabilirii fundamentului lor obiectiv au loc discuţii filozofice aprinse. Pe de o parte, se afirmă că metodele probabilistice, statistice au caracter secundar, temporar, că teoriile care recurg la statistică sînt teorii surogat, insuficiente, incomplete. Pe de altă parte, în prezent se susţine destul de insistent că statistica este în genere metoda de cercetare cea mai adecvată pentru procesele naturii, că tocmai teoriile statistice sînt „primare"[1].

În literatura ştiinţifică de peste hotare este extrem de răspîndită şi afirmaţia că aplicarea metodelor statistice în cercetarea proceselor naturii ar însemna o limitare şi chiar o răsturnare a principiilor cauzalităţii şi determinismului. În aceste cazuri, statistica este identificată direct cu indeterminismul. Astfel, A. Einstein scrie că în domeniul cuantic, pentru descrierea trecerilor sistemelor fizice de la o stare discretă la alta „s-a dovedit posibil să fie date nu legi cauzale, ci doar legi statistice..."[2]. „Fizica modernă — îşi începe A. Lande articolul consacrat problemelor filozofice ale teoriei cuantice — a părăsit cu regret determinismul în favoarea regulilor statistice"[3]. În articolele lui M. Born asupra problemelor filozofice ale fizicii actuale[4], statistica este total asimilată cu indeterminismul.

După cum vedem, problema naturii legii statistice este încîlcită în fizica actuală. Din întregul grup de probleme referitoare la fundarea legilor statistice, ne vom ocupa de problema relaţiilor dintre legile dinamice şi cele statistice în fizică, deoarece credem că ea joacă rolul principal în discutarea actuală a problemelor privind justificarea legilor statistice.

---

[1] Această concepţie asupra statisticii este promovată cu multă perseverenţă de M. Born, cum reiese, de exemplu, din seria sa de articole publicate recent în „Physikalische Blätter", şi în alte periodice. Aceeaşi idee este conţinută şi în articolul lui S. V. Vonsovski şi G. A. Kursanov: *Despre legătura dintre legile dinamice şi cele statistice în fenomenele atomice*, apărut în „Vestnik AN SSSR", nr. 4, 1957, precum şi în articolul lui G. I. Meakişev: *Relaţia dintre legile dinamice şi cele statistice şi mecanica cuantică*, apărut în „Probleme de filozofie", nr. 6, 1958.

[2] A. Einstein, *Fizica şi realitatea*, în „Pod znamenem marksizma", nr. 11—12, 1937, p. 124.

[3] A. Lande, *Quantum Indeterminacy a Consequence of Cause Effect Continuity*, în „Dialectica", vol. 8, nr. 3, 1954.

[4] Vezi M. Born, *Physics in my Generation*, London and New York, 1956.

Scanned with OKEN Scanner

1. Legea dinamică

În analiza problemei relației dintre legile dinamice și cele statistice se pune imediat întrebarea: pe baza cărui criteriu general se face împărțirea legilor fizice în aceste două grupuri? Acest criteriu se consideră a fi, de obicei, natura predicției rezultatului unui proces fizic individual. Actualele teorii fizice dau fie o predicție *univocă* a rezultatului unui astfel de proces, fie emit o judecată *probabilistică* în legătură cu rezultatul lui. În primul caz, teoria și legile ei se numesc dinamice, în al doilea, statistice.

De obicei, nu se ridică obiecții împotriva acestui criteriu de diviziune a legilor în statistice și în dinamice. Dar această diviziune are o nuanțare întrucîtva subiectivă, deoarece se iau ca punct de plecare particularitățile *predicției* rezultatului fizic, fapt care este eminamente legat de activitatea omului. De aceea, trebuie să punem clar în evidență fundamentul obiectiv al acestui criteriu. În acest caz, indicarea fundamentului obiectiv se va reduce la constatarea faptului că legile dinamice și cele statistice sînt două forme diferite ale *legilor de mișcare* ale obiectelor fizice, două forme diferite ale *legilor de interdependență între două stări oarecare* ale unui sistem fizic. Cea dintîi reflectă desfășurarea procesului fizic și legătura dintre stările sistemului într-un mod *univoc*, iar a doua în limbajul *probabilității*.

Toate acestea trebuie descifrate și completate. Vom începe cu studiul legii dinamice. Noțiunea de lege dinamică este mai veche decît reprezentările asupra legilor statistice. Ea s-a cristalizat ca rezultat al dezvoltării mai multor teorii din fizica clasică, în primul rînd sub influența mecanicii clasice. Pe baza dezvoltării fizicii clasice s-a alcătuit o formă pe deplin determinată de structurare logică a unei teorii fizice. Rolul de noțiuni fundamentale l-au preluat aici cele de sistem fizic și de stări ale acestuia. Se numește sistem fizic orice formațiune materială pe care o studiază fizica: un macrocorp, o moleculă, agregate de molecule, un atom, particule „elementare", substanța, cîmpul etc. Fiecare sistem fizic este caracterizat prin ecuații fundamentale (sau printr-una singură) ale mișcării sale, care formează sîmburele teorei fizice. În funcție de teoria fizică (mecanica, termodinamica, electrodinamica etc.) în care sînt reflectate legile de mișcare ale sistemului fizic, acestea se împart în mecanice, termodinamice, electrodinamice etc.

Fiecare tip de sisteme fizice posedă un număr de proprietăţi fizice esenţiale, adică de mărimi fizice reprezentate în ecuaţiile de mişcare ale respectivelor sisteme şi care admit o expresie cantitativă. La un anumit moment, mărimile fizice ce caracterizează sistemul au valori numerice determinate şi atunci spunem că sistemul se află într-o stare determinată. Cu timpul, valorile numerice ale mărimilor ce caracterizează sistemul pot varia şi atunci spunem că sistemul îşi schimbă starea, că trece dintr-o stare în alta.

În conformitate cu cele de mai sus, la cercetarea teoretică a unui sistem fizic pe baza unei teorii fizice cunoscute (şi în cadrul acestei teorii), problema tipică a fizicii constă în a găsi unele stări ale sistemului, dacă sînt cunoscute altele, în condiţii exterioare date.

Ecuaţiile de mişcare permit să calculăm (şi acesta este rolul lor principal), plecînd de la cunoaşterea stării unui sistem la un moment dat (starea iniţială), stările lui ulterioare (starea finală), luînd în considerare acţiunile exercitate asupra sistemului în cadrul trecerii lui dintr-o stare în alta. În cazul cînd acţiunile exterioare lipsesc, cunoaşterea datelor iniţiale ale sistemului permite ca stările lui ulterioare să fie determinate cu ajutorul ecuaţiei de mişcare. Dacă legătura dintre stările unui sistem fizic este de aşa natură încît starea iniţială a sistemului şi acţiunile exterioare exercitate asupra lui determină *univoc şi complet în cadrul teoriei respective* stările lui ulterioare, spunem că avem de-a face cu o lege *dinamică.*

Să ilustrăm cele de mai sus prin cîteva exemple. Să luăm mecanica clasică. În mecanica clasică, sistemul fizic este un corp macroscopic, iar dacă facem abstracţie de rotaţia lui, îl considerăm ca pe un punct material. Ecuaţiile de mişcare fundamentale sînt ecuaţiile lui Newton. Sistemul este caracterizat printr-un şir de mărimi: masa, coordonatele, viteza, impulsul, acceleraţia, energia, momentul cinetic. Pentru a defini starea sistemului, în cazul cînd cunoaştem ecuaţiile de mişcare este suficient să ne fie date numai valorile impulsului (sau ale vitezei) şi ale coordonatelor. Impulsul şi coordonatele caracterizează complet, în acest caz, un sistem mecanic determinat. Cunoaşterea impulsului şi a coordonatelor, cu luarea în considerare a acţiunilor exterioare exercitate asupra sistemului (dacă acestea există), ne permite să calculăm stările ulterioare ale sistemului: să determinăm traiectoria mişcării sale, adică să rezolvăm problema fundamentală

Scanned with OKEN Scanner

a mecanicii. În mecanică, traiectoria este definită univoc, de unde rezultă că ecuaţiile de mişcare exprimă aici o lege dinamică.

În electrodinamică avem o situaţie analogă. Sistemul fizic îl constituie aici cîmpul electromagnetic. Ecuaţiile de mişcare sînt ecuaţiile lui Maxwell. Starea sistemului este caracterizată prin vectorul intensitate al cîmpului electric $\vec{E}$ şi prin vectorul intensitate al cîmpului magnetic $\vec{H}$. Problema fundamentală a electrodinamicii constă în a stabili univoc intensităţile cîmpului electromagnetic la momentul $t_1 > 0$, în orice punct al unui volum U, mărginit de o suprafaţă închisă S, dacă sînt date valorile vectorilor $\vec{E}$ şi $\vec{H}$ în toată această porţiune a spaţiului pentru momentul $t = 0$ şi dacă se cunosc condiţiile la limită de la frontiera volumului U. Este ceea ce realizăm efectiv pe baza ecuaţiilor lui Maxwell. De aici rezultă că ecuaţiile lui Maxwell exprimă şi ele o lege dinamică. În acelaşi mod sînt construite şi toate celelalte teorii ale fizicii clasice.

De obicei nu se ridică obiecţii împotriva acestei definiţii a legii dinamice. Dar, definind astfel legea dinamică, se impune să facem două observaţii esenţiale, care scapă adesea din vedere.

Prima observaţie. Cînd spunem că legile cutărei sau cutărei teorii fizice au un caracter dinamic, nu trebuie să uităm limitele de aplicare ale acestei teorii. Fiecare teorie fizică reflectă numai caracteristici esenţiale ale sistemului, esenţiale în condiţii bine determinate, în urma schimbării cărora pot varia şi proprietăţile fundamentale ale sistemului sau subordonarea dintre caracteristicile sale esenţiale şi cele neesenţiale.. În ultimele cazuri avem o schimbare a naturii înseşi, a caracterului sistemului fizic, adică o trecere la un nou tip de sistem, ale cărui legi de mişcare sînt reprezentate de o altă teorie. Ca exemplu poate servi trecerea de la mecanica clasică la cea relativistă. Mecanica clasică se ocupă de mişcarea corpurilor cu viteze relativ mici (în comparaţie cu viteza luminii). Dacă însă viteza cu care se mişcă corpuri date devine comparabilă cu viteza luminii, atunci încep să joace un rol esenţial aşa-numitele efecte relativiste (dependenţa masei, a caracteristicilor spaţiale şi temporale ale corpurilor de viteza lor), şi sistemul se transformă din obiect de studiu al mecanicii clasice în obiect al mecanicii relativiste ce decurge din teoria relativităţii). Este clar că dincolo

Scanned with OKEN Scanner

de limita sferei ei de acţiune, o teorie şi legile ei nu pot servi ca fundament pentru stabilirea dependenţelor dintre stările sistemelor fizice corespunzătoare.

Astfel, se dovedesc inconsistente afirmaţiile destul de frecvente conform cărora legile dinamice, de exemplu legile mecanicii clasice, ar permite să calculăm *orice* stare uterioară, pe baza cunoaşterii stării prezente şi a forţelor exterioare. Cu timpul, orice corpuri materiale ajung în alte condiţii, suferă transformări calitative şi trec deci din domeniul de studiu al unor teorii fizice, în domeniul altora.

A doua observaţie. În reflectarea teoretică a interdependenţelor stărilor unui sistem, pe baza legilor oricărei teorii fizice, trebuie să luăm în considerare erorile de măsurare, erorile definirii empirice a stării iniţiale a sistemului. M. Born acordă multă atenţie acestor probleme, în special în lucrarea sa *Continuitate, determinism şi realitate*[5]. Aici, M Born arată, pe baza unui exemplu elementar că şi la cercetarea mişcării mecanice simple prezenţa erorilor de măsurare în determinarea stării iniţiale a sistemului conduce, după scurgerea unui anumit interval de timp, la o asemenea stare de lucruri încît devine imposibil să determinăm într-un mod cît de cît satisfăcător teoretic, stările ulterioare ale sistemului. De aici, M. Born trage concluzia că nu se poate vorbi despre o comportare deterministă a sistemelor mecanice în genere, că aceste sisteme se comportă indeterminist şi că mecanica clasică trebuie înlocuită cu metode statistice. Cît de justificate sînt aceste concluzii ? La măsurarea oricărei mărimi fizice există totdeauna erori în valorile obţinute. De obicei, aceste erori joacă un rol neesenţial în cercetarea ulterioară a proceselor fizice şi, de aceea, ele sînt neglijate. În multe cazuri însă, erorile de măsurare pot exercita o influenţă esenţială asupra rezultatelor ulterioare.

Cu timpul, pe măsură ce se schimbă stările sistemului cercetat, mai ales dacă el este supus la numeroase acţiuni exterioare, rolul erorilor de măsurare creşte şi ele pot deveni un obstacol în calea determinării teoretice a stărilor ulterioare. În acest caz devine imposibil să determinăm într-un mod satisfăcător, pe baza legilor teoriei, legătura dintre stările sistemului. Prezenţa acestor limite pune, bineînţeles, problema depăşirii lor. Problema poate fi rezolvată pe diverse căi: fie se impune elaborarea unei noi teorii, fie se caută căi

[5] M. Born, *Continuity, Determinism and Reality*, Kobenhavn, 1955.

Scanned with OKEN Scanner

pentru mărirea preciziei măsurătorilor, fie se fac încercări de a ţine seama, pe cît posibil, de influenţa erorilor de măsurare asupra rezultatului căutat. La această din urmă metodă se recurge destul de frecvent, drept care a şi fost elaborată o teorie specială a erorilor, care foloseşte metodele statistice şi teoria probabilităţilor pentru aprecierea influenţei erorilor de măsurare asupra rezultatului care ne interesează.
În acest caz, problema se pune de la bun început statistic. Şi iată că acest recurs la metodele statistice pentru evaluarea influenţei erorilor de măsurare asupra rezultatelor ulterioare este calificat de M. Born ca un recurs la metode indeterministe. Cu alte cuvinte, M. Born identifică pur şi simplu statistica şi indeterminismul. Aceste afirmaţii se referă direct la problemele fundării legilor statistice şi vom vedea în consideraţiile ce urmează în ce măsură sînt justificate.

2. Legea statistică

Încă în secolul trecut a apărut în fizica clasică un capitol special : fizica statistică. „În fizica statistică — citäm cuvintele lui V. G. Levici — se studiază proprietăţile şi comportarea sistemelor fizice macroscopice formate dintr-un număr foarte mare de atomi, molecule sau alte particule microscopice, plecînd de la proprietăţile acestora“[6]. În conformitate cu aceasta, în teoriile statistice rolul principal îl joacă aşa-numita funcţie de distribuţie, sau de repartiţie, care arată ce parte dintr-un număr suficient de mare de obiecte se află într-o stare anumită, de exemplu, ce parte dintre moleculele unui volum de gaz posedă o valoare dată a energiei sau a coordonatelor. În teoriile statistice, funcţia de distribuţie este caracteristica fundamentală a sistemelor fizice, adică a unor ansamble de particule de natură determinată. Cunoaşterea funcţiei de distribuţie asigură cunoaşterea stării respectivelor sisteme fizice.
În conformitate cu aceasta, sarcina cea mai generală a teoriilor statistice constă în cercetarea schimbărilor de stare ale respectivelor sisteme fizice de-a lungul timpului, adică în calculul funcţiei de distribuţie a unui colectiv statistic la un moment anumit, pe baza datelor referitoare la această distribuţie, de la un anumit moment precedent. Legile teoriilor

[6] V. G. Levici, *Vvedenie v statisticeskuiu fiziku*, GTTI, M., 1954, pp. 12—13.

Scanned with OKEN Scanner

statistice ne permit să rezolvăm univoc această problemă, adică aceste legi stabilesc univoc relaţia dintre o anumită distribuţie iniţială a proprietăţilor în colectiv (starea iniţială) şi distribuţiile (stările) ulterioare. Cu alte cuvinte, reflectînd comportarea unui mare ansamblu de obiecte, legile statistice le reflectă dinamic. Desigur, aici rămîn pe deplin în vigoare observaţiile făcute anterior cu privire la legile dinamice, din care reieşea caracterul relativ al cunoştinţelor noastre, precum şi prezenţa erorilor de măsurare la definirea empirică a stărilor iniţiale ale sistemelor.

În această privinţă sînt dinamice şi legile mecanicii cuantice. Mecanica cuantică caracterizează starea unui sistem cu ajutorul funcţiei de undă, al cărei modul ridicat la pătrat joacă un rol analog cu funcţia de distribuţie din teoriile statistice ale fizicii clasice. „Funcţia de undă — scriu L. Landau şi E. Lifşiţ — defineşte complet starea unui sistem fizic în mecanica cuantică. Aceasta înseamnă că definirea acestei funcţii la un anumit moment descrie nu numai toate proprietăţile sistemului la acel moment, ci defineşte şi comportarea lui în toate momentele viitoare — bineînţeles, numai cu gradul de completitudine pe care-l admite în genere mecanica cuantică“[7]. Pentru a corela funcţia de undă cu realitatea, este necesară o anumită serie de măsurători, o serie de interacţiuni pentru a le efectua pe acestea, este necesar un anumit colectiv de microobiecte. În raport cu acest colectiv de microobiecte în ansamblul lui, în raport cu comportarea lui, legile mecanicii cuantice sînt dinamice ; între limitele ei această teorie defineşte absolut univoc distribuţiile mărimilor cuantice ale unor astfel de sisteme. De exemplu, mecanica cuantică ne permite să calculăm univoc, cu o precizie perfect satisfăcătoare pentru ştiinţă, distribuţia microparticulelor pe un ecran după interacţiunea lor cu un cristal, în experimentele de difracţie a microparticulelor, care constituie fundamentul experimental al mecanicii cuantice.

Cînd vorbim însă despre relaţia dintre legile dinamice şi cele statistice, nu ne referim de obicei la această latură a legăturii dintre ele. Problema care ne interesează apare referitor la o particularitate a legilor statistice. Am mai relevat că teoriile statistice studiază proprietăţile unor ansamble, pornind de la proprietăţile componentelor. „Descrierea statistică a

---

[7] L. Landau i E. Lifşiţ, *Kvantovaia mehanika*, partea I, GTTI, M., 1948, p. 38.

unui ansamblu de obiecte — scrie A. N. Kolmogorov — ocupă o poziție intermediară între descrierea individuală a fiecăruia dintre obiectele ansamblului, pe de o parte, și descrierea ansamblului după proprietățile sale generale, care nu necesită de loc o descompunere în obiecte individuale, pe de altă parte"[8]. Această trăsătură a legilor statistice face ca pe baza lor să putem explica nu numai proprietățile unor ansamble determinate, ci și să putem trage unele concluzii despre proprietățile și comportarea componentelor individuale ale unui astfel de sistem. Aici este însă esențial de relevat că teoriile statistice asupra comportării acestor sisteme individuale ne permit, în fond, să facem numai afirmații de ordin probabilistic. În aceste cazuri nu putem spune că o anumită proprietate a obiectului posedă o anumită valoare numerică, riguros determinată. Spunem : probabilitatea ca această mărime să aibă o anumită valoare este egală cu atît. Atunci se pun întrebările : cum sînt legate între ele legea probabilistică a mișcării obiectelor cu cea neprobabilistică, dinamică ? Este oare posibil să aplicăm în studiul acelorași obiecte fizice ambele forme de exprimare a legilor mișcării obiectelor ? Dacă nu, unde este criteriul aplicării uneia sau a celeilalte dintre ele ? Dacă da, putem oare considera una dintre aceste legi ca fiind mai profundă, și care anume ? Toate aceste întrebări intră în sfera problemei relațiilor dintre legile dinamice și cele statistice. Pentru a răspunde la aceste întrebări, trebuie să analizăm problema interpretării teoriei probabilităților ca aparat matematic al teoriilor statistice. Aici se află cheia pentru rezolvarea problemei care ne interesează. Totodată, studiul problemei interpretării teoriei probabilităților va însemna și o mai profundă analiză a esenței legilor statistice și, în primul rînd, a fundamentului lor obiectiv.

3. Interpretarea probabilității. Probabilitatea ca proprietate a unei anumite clase de ansamble

O dată cu dezvoltarea teoriei probabilităților, a variat considerabil și conținutul noțiunii de probabilitate. Ca rezultat, s-a elaborat în prezent așa-numita interpretare frecvențială a noțiunii de probabilitate. „Sîntem cu toții de acord — scrie

[8] A. N. Kolmogorov, *Statistica matematică. Marea Enciclopedie Sovietică*, vol. 26, M., 1954, p. 485.

Scanned with OKEN Scanner

A. I. Hincin — că probabilitatea unui eveniment trebuie să fie apropiată de *frecvența* sa la un număr mare de probe. De exemplu, dacă calculul teoretic ne dă pentru probabilitatea unui eveniment valoarea de 1/3, iar la repetarea probelor acest eveniment se va produce cu încăpățînare într-un *sfert* din totalul cazurilor, atunci vom hotărî cu toții, fără nici un fel de divergențe că am efectuat calculul greșit, că el pornea de la premise false sau au fost comise erori de calcul. În zilele noastre, nici un curs de prelegeri din domeniul teoriei probabilităților nu poate evita să arate limpede de la bun început necesitatea acestei interpretări prin frecvență a probabilității unui eveniment. Intuim cu toții concret semnificația reală a oricărei teoreme și a oricărei probleme din teoria probabilităților, numai substituind probabilităților tuturor evenimentelor frecvențele corespunzătoare"[9].

Abordarea frecvențială a problemelor interpretării teoriei probabilităților a fost propusă la începutul secolului nostru de R. Mises. Dar de la proclamarea interpretării frecvențiale și pînă la realizarea ei practică este o distanță foarte mare : în cazul de față nu avem decît un punct de plecare. Expunerea concretă în continuare a problemei interpretării teoriei probabilităților este influențată esențial de o interpretare filozofică, metodologică a soluției problemei.

Punînd la bază interpretarea frecvențială, Mises a ajuns la concluzia că pentru fundarea probabilității trebuie să se recurgă în primul rînd la ideea de colectiv, de ansamblu de proprietăți sau de obiecte. Acolo unde este vorba despre statistică, scrie el, „trebuie să avem de-a face cu o *mulțime*, cu un mare număr de fenomene individuale sau de procese individuale, iar aplicarea cuvîntului «probabil» la un eveniment unic, care nu se repetă, se situează în afara hotarelor teoriei raționale a probabilităților..."[10].

Mises își dădea pe deplin seama că nu orice colectiv poate fi folosit pentru fundarea probabilității. Colectivele introduse de el, care au primit denumirea de neregulate, prezintă două trăsături esențiale : (a) numărul componentelor lor trebuie să fie nemărginit de mare (b) ele trebuie să satisfacă condiția pe care „fizicianul o caracterizează de obicei prin expresia

---

[9] A. I. Hincin, *Metod proizvolnîh funcții i borba protiv idealizma v teorii veroiatnostei*, în culegerea „Filosofskie voprosî sovremennoi fiziki". Izd-vo AN SSSR, M., 1952, p. 522.

[10] R. Mises, *Despre legea cauzală și cea statistică în fizică*, UFN, 1930, vol. X, fasc. 4, p. 447.

Scanned with OKEN Scanner

«dezordine moleculară» şi pe care o putem denumi mai curînd *absenţa unei ordini*"[11].

Conform celor de mai sus, Mises consideră că sarcina principală, „sarcina exclusivă a teoriei probabilităţilor" constă în „a calcula din datele distribuţiilor din interiorul unui colectiv iniţial cunoscut distribuţiile din colectivele deduse de aici. Această afirmaţie, care concurează complet proprietatea teoriei probabilităţii, o limitează esenţial în două direcţii: în primul rînd, putem trage concluzii despre o probabilitate necunoscută *numai* după o probabilitate *dată,* iar în al doilea rînd, rezultatul calculului poate fi totdeauna iarăşi o *probabilitate,* deci putem afirma ceva numai la limită, în cazul repetării nemărginite a experimentului"[12].

Această tratare a teoriei probabilităţilor se bazează pe definiţia matematică dată de Mises probabilităţii, ca *limită a frecvenţei,* dacă numărul de probe creşte nemărginit.

Concepţia lui Mises în problema fundării teoriei probabilităţilor a fost supusă unei critici serioase, atît sub aspect pur matematic, cît şi filozofic. Rolul principal în această analiză critică a lui Mises şi în dezvoltarea ulterioară a interpretării teoriei probabilităţilor a revenit matematicienilor sovietici. În primul rînd, ei au respins definiţia matematică a probabilităţii ca limită a frecvenţei în cazul *creşterii nemărginite* a numărului de evenimente. Ca urmare, a fost elaborată definiţia noţiunii de probabilitate ca număr finit în jurul căruia au tendinţa să se grupeze frecvenţele evenimentelor din serii de probe suficient de mari, în condiţii determinate.

„Afirmaţia că evenimentul A posedă o anumită probabilitate

$$p(A/S) = P$$

în condiţiile S, revine la faptul că în diferite serii suficient de lungi de experienţe (adică de realizări ale complexului de condiţii S), frecvenţele de apariţie a evenimentului A obţinute

$$\nu_r = \frac{\mu_r}{n_r}$$

unde n_r este numărul de experienţe din seria r, iar μ_r numărul de experienţe din această serie în care s-a produs eve-

[11] R. Mises, *op. cit.*, p. 447
[12] *Ibidem*, p. 450.

Scanned with OKEN Scanner

nimentul A) vor fi aproximativ egale și apropiate de p"[13]. În lucrările speciale de matematică se analizează foarte amănunțit ce înseamnă „o serie suficient de lungă de experiențe" (sau de probe) și ce înseamnă a fi „apropiat" de p, cum să se obțină o evaluare cantitativă a acestor noțiuni etc. Se cercetează minuțios și problema condițiilor în care apar evenimentele probabilistice. Nu vom insista aici asupra acestor probleme. Vom menționa numai un argument de ordin metodologic, invocat de A. N. Kolmogorov împotriva definirii probabilității ca limită a frecvențelor, atunci cînd numărul de probe crește nemărginit. „Ipoteza caracterului probabilistic al experiențelor, adică ipoteza că frecvențele au tendința de a se grupa în jurul unei valori constante este corectă, ca atare (ca și ipoteza «caracterului aleatoriu» al acestui fenomen), numai dacă se păstrează anumite condiții care nu se pot menține un timp nelimitat și cu o precizie nelimitată. De aceea, trecerea exactă la limită

$$\frac{\mu}{n} \to p$$

nu poate avea o semnificație reală. Enunțarea principiului stabilității frecvențelor prin folosirea unei astfel de treceri la limită cere definirea modurilor admise de găsire a șirurilor infinite de experiențe, care, iarăși, nu poate fi decît o ficțiune matematică. Toată această acumulare de noțiuni ar merita să fie supusă unei analize serioase, numai dacă s-ar obține ca rezultat construcția unei teorii atît de specifice, încît fundamentarea ei riguroasă să se dovedească imposibilă pe alte căi"[14].

Așadar, tratarea frecvențială a definiției probabilității se menține, însă este modificată esențial. Aici trebuie relevat faptul că în legătură cu critica concepției lui Mises sub raport metodologic, de care ne vom mai ocupa în cele ce urmează, se respinge uneori total interpretarea frecvențială a probabilității. Dar, nu putem fi de acord cu astfel de afirmații, deoarece *numai frecvențele evenimentelor ne permit să corelăm probabilitatea cu realitatea*, și deci pe baza acestor frecvențe trebuie să căutăm și conținutul ei obiectiv.

Definirea probabilității prin frecvențele evenimentelor, atunci cînd o corelăm cu realitatea, ne arată că ea este o caracte-

---

[13] A. N. Kolmogorov, *Teoria probabilităților*, în *Matematica. Conținutul, metodele și importanța ei*, vol. II, p. 323.
[14] *Ibidem*, pp. 349—50

ristică *statistică* a acestor evenimente, adică o caracteristică a unui ansamblu, a unui colectiv, a unei mulțimi de componente. Dar, spre deosebire de ansamblele neregulate ale lui Mises, definiția considerată a probabilității nu cere o infinitate de elemente ale acestor ansamble. Aici se cere ca numărul de elemente din colective să fie suficient de mare pentru ca să iasă în evidență clar anumite legi sau regularități statistice. Probabilitatea unui eveniment ne indică, în acest caz, ce parte, ce fracțiune din numărul de evenimente ale colectivului considerat revin respectivului eveniment.

Să luăm un exemplu. Ce înseamnă afirmația că probabilitatea ca un electron să nimerească într-un anumit punct al unui ecran situat în spatele unei rețele de difracție este egală cu p? Valoarea probabilității, în acest caz, arată doar ce parte din numărul total de electroni difractați nimerește în regiunea considerată a suprafeței ecranului. Fără a ține seama de ansamblul electronilor difractați și de cel înregistrat pe ecran, fără legătură cu acest ansamblu, afirmația de mai sus că electronul posedă o anumită probabilitate nu poate fi înțeleasă. Natural că aici este esențială prezența unui număr de electroni difractați, pentru ca pe ecran să se contureze clar maximele și minimele de difracție.

Ansamblele care ne dau posibilitatea de a lega probabilitatea de realitate au o serie de proprietăți, printre care trebuie să menționăm în mod deosebit independența comportării componentelor lor. Independența înseamnă că starea fiecărei componente din ansamblu nu depinde de starea celeilalte componente, sau că un anumit rezultat al unora dintre probe nu influențează cîtuși de puțin rezultatul celorlalte. Această proprietate a ansamblelor influențează esențial modurile lor de formare: ansamblele pe care le studiem prin metodele teoriei probabilităților pot fi constituite printr-o serie de acțiuni repetate asupra unui același obiect sau asupra unor obiecte identice (bineînțeles între anumite limite). Dar ele pot fi reprezentate și direct printr-o mulțime de obiecte. Să trecem la mecanica cuantică. Aceasta este o teorie statistică. Experimentele fundamentale pe care ea se bazează sînt cele de difracție a unor microparticule. Aici, distribuția statistică ce ne permite să legăm teoria de realitate se formează ca rezultat al nimeririi microparticulelor pe ecran, după ce au interacționat cu rețeaua de difracție. Această distribuție poate fi obținută în două moduri diferite: fie

Scanned with OKEN Scanner

îndreptînd spre rețeaua de difracție direct un fascicul de microparticule și observînd distribuția lor pe ecran după interacțiunea lor cu rețeaua, fie îndreptînd spre rețeaua de difracție microparticulele una cîte una și observînd iarăși distribuția pe ecran a unui număr destul de mare de particule. În ambele cazuri, rezultatul va fi același; el este legat de independența comportării membrilor ansamblului probabilistic: rezultatul interacțiunii unei anumite microparticule cu rețeaua de difracție nu depinde de interacțiunea altor particule cu rețeaua. Dacă starea unei microparticule din ansamblu ar influența esențial starea altora, atunci metodele teoriei probabilităților nu ar fi aplicabile acestei probleme și ar trebui să modificăm teoria.

În cazul fizicii statistice clasice, independența înseamnă că starea unei particule dintr-o distribuție statistică nu depinde de starea celorlalte particule. Aceasta se exprimă adesea prin principiul că stările inițiale într-un colectiv statistic sînt distribuite aleatoriu.

Cînd vorbim despre independența elementelor ansamblelor, pe care le studiem prin metodele teoriei probabilităților nu trebuie să absolutizăm această noțiune. Independența înseamnă numai că pentru legile pe care le reflectă metodele teoriei probabilităților sînt neesențiale interacțiunile dintre componentele respectivelor ansamble. În această ordine de idei, A. N. Kolmogorov scrie: „Sub aspect filozofic, ar fi poate mai corect să nu vorbim despre independență, ci despre lipsa de importanță a unor anumite dependențe în condiții concrete date“[15].

Trebuie să mai arătăm că prezintă un interes deosebit cazurile la limită, cînd dependențele dintre mărimile ansamblelor probabilistice trebuie luate în considerare, dar aceste dependențe sînt de așa natură, încît se mai pot aplica într-o formă modificată și mai complicată metodele teoriei probabilităților. În această direcție, școala clasică rusă de teorie a probabilităților a efectuat cercetări deosebit de ample.

Conform celor spuse, sarcina proprie a teoriei probabilităților rămîne calculul unor probabilități după alte probabilități cunoscute. Dar aici este necesar să subliniem în mod special că pentru a da distribuția probabilistică inițială nu este cîtuși de puțin obligatorie strîngerea unui material statistic de masă. Dimpotrivă, în cercetările științifice, probabilitățile se introduc mult mai frecvent pe cale ipotetică, pe baza unor

[15] A. N. Kolmogorov, *op. cit.*, p. 346.

Scanned with OKEN Scanner

alte considerente: de simetrie, de independenţă practică a diverselor şiruri de evenimente etc. Se poate întîmpla chiar ca o ipoteză probabilistică să nu admită o verificare nemijlocită. În aceste cazuri, se deduc din ipoteza probabilistică, pe cale pur matematică, consecinţele ei posibile care, confruntate cu rezultatele experienţei, confirmă sau infirmă respectiva ipoteză. Astfel, nimeni nu a determinat vreodată direct distribuţiile statistice iniţiale ale coordonatelor şi ale vitezelor diverselor molecule ale unui gaz. În teoria gazelor, ipoteza probabilistică se introduce pe baza supoziţiei că stările de mişcare ale moleculelor sînt de aceeaşi natură. Pe baza unor astfel de supoziţii se construieşte o teorie, iar coincidenţa consecinţelor deduse din ea cu experienţa demonstrează valabilitatea întregii ipoteze.

În mecanica cuantică nerelativistă, distribuţiile statistice se obţin, în majoritatea cazurilor, ca rezultat al rezolvării ecuaţiei lui Schrödinger, care este ecuaţia fundamentală a teoriei. Dar pentru rezolvarea ecuaţiei lui Schrödinger trebuie să cunoaştem întîi caracteristicile energetice ale sistemului studiat. Cu alte cuvinte, în acest caz, distribuţiile se obţin dîndu-se energia sistemelor. Pe baza coincidenţei caracteristicilor energetice calculate ale sistemelor cercetate cu valorile experimentale se trag concluzii asupra corectitudinii teoriei. Ce e drept, în mecanica cuantică, în experimentele de difracţie, distribuţia statistică se analizează direct.

Aşadar, vedem că interpretarea frecvenţială a fundamentelor teoriei probabilităţilor, care dă posibilitatea de a corela probabilitatea cu realitatea, conduce la considerarea probabilităţii ca proprietate statistică a unei anumite clase de ansamble. Concepţia lui Mises a suferit, în acest cadru, modificări serioase. Însă sub aspect filozofic, metodologic, concepţia lui Mises a fost supusă criticii celei mai aspre, nu în problemele de care ne-am ocupat aici, ci în legătură cu problema stabilităţii frecvenţei evenimentelor pe care le studiază teoria probabilităţilor.

4. Interpretarea probabilităţii. Problema analizei teoretice a noţiunii de probabilitate

Problema stabilităţii frecvenţelor evenimentelor probabilistice, precum şi problema calculului teoretic al probabilităţilor au fost puse în lucrările matematicienilor sovietici, care au dezvoltat teoria probabilităţilor. „. . . Frecvenţele evenimente-

lor — scrie A. I. Hincin — pot numai atunci să fie legate de probabilităţi determinate, dacă sînt stabile, adică dacă noi obţinem, de regulă, în orice serie mare de probe, aproximativ aceleaşi valori pentru ele. Dacă spunem că, în cazul aruncării unui zar «regulat», probabilitatea ca el să cadă în sus cu faţa cu cinci puncte este egală cu 1/6, presupunem implicit (întemeindu-ne în fapt pe o experienţă de multe ori repetată) că într-o serie lungă de aruncări vom observa aproape totdeauna că faţa cu cinci puncte cade în aproximativ o şesime din totalul cazurilor. Dacă o experienţă îndelungată ne-ar arăta că în diversele serii de acest fel frecvenţa căderii feţei cu cinci puncte este foarte diferită, am trage pur şi simplu concluzia că noţiunea de probabilitate este inaplicabilă acestui eveniment. Aşadar, aparatul teoriei probabilităţilor poate fi aplicat numai unor fenomene în care frecvenţele evenimentelor prezintă stabilitate. Dar ce fel de fenomene sînt acestea? Ce trăsături trebuie să posede un fenomen al naturii (sau un proces tehnic) pentru ca frecvenţele evenimentelor legate de el să fie stabile? Şi cum ar fi posibil, fără a efectua un experiment, să determinăm pe cale teoretică, din legile care guvernează fenomenul, dacă el aparţine sau nu clasei de fenomene cu frecvenţe stabile?

Răspunsurile la aceste întrebări au o importanţă fundamentală pentru dezvoltarea metodologic corectă a concepţiilor probabilistice“[16].

În concepţia lui Mises, problema explicării cauzelor stabilităţii frecvenţelor nu este luată în considerare; în această concepţie se contestă în genere legitimitatea punerii unor astfel de probleme. Această concepţie cere doar ca frecvenţele evenimentelor cercetate prin metodele teoriei probabilităţilor să tindă către limite determinate atunci cînd probele sînt repetate nemărginit de mult. Să luăm exemplul zarului. Dacă, de exemplu, frecvenţa căderii feţei cu cinci puncte, atunci cînd numărul de aruncări creşte nemărginit, tinde către o limită determinată (şi în cazul satisfacerii unor condiţii suplimentare care sînt neesenţiale aici), se spune că probabilitatea acestui eveniment există şi că ea este egală cu valoarea limitei. În cazul contrar, dacă nu există o limită a căderii feţei cu cinci puncte, spunem pur şi simplu că acest fenomen nu poate fi studiat prin metodele teoriei probabilităţilor. Analiza ulterioară a noţiunii de probabilitate,

---

[16] A. I. Hincin, *op. cit.* (*Metoda funcţiilor arbitrare etc.*), *pp.* 522—523.

Scanned with OKEN Scanner

în legătură cu analiza procesului de desfăşurare a evenimentului, este declarată total superfluă.

În general, trebuie să spunem că în concepţia lui Mises ansamblele sînt considerate numai ca ansamble de observaţii, ca ansamble de rezultate experimentale. Astfel, în cazul zarului, contează numai rezultatele căderii zarului, pe cînd legile mişcării lui, legate de felul cum este aruncat şi cum cade, nu au, după concepţia lui Mises, nici o legătură cu analiza noţiunii de probabilitate. Concepţia menţionată nu vorbeşte despre astfel de legi. Aici, rezultatele aruncării zarului sînt adoptate ca bază pentru calculele ulterioare, iar toate consideraţiile referitoare la cauzele acestor rezultate sînt declarate a fi în afara ştiinţei „pozitive". Dar aceasta înseamnă că nu legăm probabilitatea de trăsăturile obiective ale mişcării zarului în fiecare aruncare, de proprietăţile inerente acestor procese; înseamnă că renunţăm la orice calcul şi la orice predicţie teoretică a valorilor cantitative ale probabilităţii în cazul zarului. Mai general, concepţia lui Mises renunţă la analiza cauzelor obiective ale stabilităţii şi ale posibilităţii de a calcula valorile cantitative ale frecvenţelor. În concepţia lui Mises, aceste probleme nu sînt analizate, ci sînt considerate ca lipsite de valoare ştiinţifică reală.

Matematicienii şi filozofii sovietici au supus unei critici categorice concepţiile lui Mises pentru aceste erori în interpretarea probabilităţii. În lucrările oamenilor noştri de ştiinţă a fost pusă în evidenţă cauza apariţiei acestor erori: este vorba despre maniera pozitivistă în care autorul concepţiei abordează soluţia problemelor generale ale ştiinţei. După cum se ştie, pozitivismul neagă existenţa obiectivă a lucrurilor materiale. Reprezentanţii lui din zilele noastre consideră că realitatea unică şi ultimă este experienţa, măsurarea, observaţia. Aceste noţiuni sînt considerate ca primare, nesusceptibile de analiză. Pozitivismul contestă cu hotărîre afirmaţiile filozofiei marxiste, conform căreia în experienţă ne sînt date obiecte materiale, care posedă proprietăţi reale, inerente. Platforma pozitivistă în problemele generale ale ştiinţei a determinat ca în fundarea probabilităţii Mises să se refere exclusiv la acte de observare, de măsurare, văzînd sarcina teoriei probabilităţilor numai în punerea în concordanţă a unor observaţii cu altele; ceea ce se observă în experienţă nu a fost considerat de el ca rezultat al interacţiunii unor corpuri materiale, după care ne facem o idee despre legile bine determinate cărora li se supun aceste corpuri. Din punctul de vedere al filozofiei materialiste însă, ansamblele probabi-

Scanned with OKEN Scanner

listice observate în experienţă atestă prezenţa unor anumite legi în mişcarea obiectelor care constituie ansamblul. Astfel, în cazurile cu zarul, probabilităţile sînt legate de legile de mişcare ale zarului şi de proprietăţile lui. Interpretarea materialistă a teoriei probabilităţilor a pus problema explicării cauzelor stabilităţii, precum şi problema prognozei cantitative a frecvenţelor evenimentelor.

Trebuie subliniat că interpretarea probabilităţii ca noţiune primară, care nu se pretează la o analiză şi la un calcul teoretic, este foarte larg răspîndită în literatura contemporană. Aşa este justificat caracterul probabilistic al legilor teoriei cuantice în interpretarea de la Copenhaga şi, tocmai pentru că această interpretare este larg răspîndită, multe cercuri ştiinţifice au adoptat această concepţie asupra probabilităţii. Dar în prezent, numeroase şcoli de fizicieni reexaminează interpretarea de la Copenhaga a mecanicii cuantice. În cadrul acestei reconsiderări interpretarea de la Copenhaga este supusă unei critici aspre, în particular pentru refuzul de a analiza teoretic noţiunea de probabilitate. Această problemă este pusă direct în aşa-numita interpretare cauzală a mecanicii cuantice. Aici trebuie să semnalăm în primul rînd amplul articol al lui D. Bohm şi W. Schutzer *Problema statistică generală în fizică şi teoria probabilităţilor,* publicat în 1955 într-un supliment la revista italiană de fizică „Nuovo Cimento"[17]. În acest articol, autorii arată că probabilitatea este o proprietate statistică determinată a unor procese ale naturii, că fiecare proces probabilistic individual are şi legi dinamice. Luarea în considerare a acestora, se spune în articol, ne permite nu numai să înţelegem mai adînc înseşi problemele statistice ale ştiinţei, ci ne poate indica şi calea pentru dezvoltarea continuă a cercetărilor în aceste probleme. D. Bohm dezvoltă aceleaşi concepţii asupra legilor dinamice şi statistice şi în cartea sa *Cauzalitate şi întîmplare în fizica modernă*[18]. Louis de Broglie remarcă în mod special, în prefaţa la această carte a lui Bohm, că interpretarea de la Copenhaga a teoriei cuantice consideră legile probabilităţii ca legi „cu un caracter primar şi care constituie realitatea cognoscibilă ultimă". În acest caz, legile probabilistice nu pot fi explicate „ca rezultat al unei evoluţii cauzale, care se produce la un nivel mai profund al lumii fizice". De Broglie pune în legă-

[17] D. Bohm şi W. Schutzer, *Problema statistică generală în fizică şi teoria probabilităţilor,* în „Nuovo Cimento", vol. II, supliment nr. 4, 1955.
[18] D. Bohm, *Cauzalitate şi întîmplare în fizica modernă,* M., IL, 1959.

Scanned with OKEN Scanner

tură apariția interpretării de la Copenhaga cu filozofia pozitivistă și ia poziție pentru necesitatea de a o depăși.

Dacă fizicienii pun problema necesității unei analize mai profunde a noțiunii de probabilitate, pornind de la nevoile dezvoltării cercetărilor lor, matematicienii au pus-o plecînd de la interesele teoriei probabilităților. Meritul lor aici constă în faptul că ei au făcut primii pași în elaborarea unei metode care permite ca, pornind de la legile fenomenelor de masă cercetate, să deducem stabilitatea frecvențelor fenomenelor și să calculăm valorile cantitative ale acestor frecvențe. Ne referim la așa-numita metodă a funcțiilor arbitrare. Esența metodei funcțiilor arbitrare poate fi ilustrată cu ajutorul următorului exemplu, în care intervine iarăși zarul. Să admitem că experimentul se efectuează astfel încît acțiunile aleatorii exercitate asupra zarului în timpul mișcării lui (din partea aerului) pot fi considerate neglijabile. Atunci mișcarea zarului are loc după legile mecanicii clasice, iar rezultatul experimentului poate fi prevăzut cu certitudine, dacă este dată starea inițială (poziția inițială a zarului și viteza lui inițială). Practic însă, stările inițiale ale zarului diferă de la o aruncare la alta, ceea ce determină și rezultatele diferite. Prin metoda funcțiilor arbitrare se demonstrează că, în condițiile unor ipoteze foarte largi referitoare la distribuția stărilor inițiale ale zarului (de aici provine și denumirea metodei), frecvențele acestui eveniment prezintă stabilitate, iar valorile probabilității fiecărui rezultat se pretează la un calcul teoretic.

În prezent au fost studiate prin metoda funcțiilor arbitrare numai cazurile cele mai simple de aplicare a teoriei probabilităților. Este vorba despre fenomene de natură mecanică îngustă (sisteme mecanice conservative). Cu privire la cazurile mai complicate, au fost emise numai considerații generale, care ind că posibilitatea unei tratări analoge și în cercetarea lor. Dar cercetările efectuate în această direcție au dat de pe acum posibilitate lui A. I. Hincin să spună că „posibilitatea principială a unei preveder. științifice obiective a stabilității și a valorii numerice a frecvențelor reale este ferm stabilită. Pe viitor, lărgirea sfere. de aplicații a acestei metode va putea întîmpina, în fond, numai dificultăți matematice de ordin tehnic, care, în zilele noastre, sînt încă, ce e drept, destul de importante“[19].

[19] A. I. Hincin, *op. cit.*, p. 530.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru noi este important să relevăm că metoda funcţiilor arbitrare porneşte de la subordonarea faţă de legi riguros dinamice a fiecărui proces individual, care apare ca element al unui colectiv statistic. Într-o mulţime mai mare, astfel de procese prezintă o stabilitate a frecvenţelor, adică anumite regularităţi. Cauza apariţiei acestor regularităţi constă în prezenţa unor anumite distribuţii în stările iniţiale ale sistemelor studiate.

Căile şi mijloacele propuse în prezent pentru lărgirea sferei de aplicabilitate a domeniului funcţiilor arbitrare se bazează tocmai pe principiul că fiecare proces individual, care conduce la formarea unui ansamblu probabilistic, se supune unor legi riguros dinamice. Dar tocmai acest principiu este trecut sub tăcere sau negat direct de numeroşi fizicieni care au renunţat la orice analiză teoretică a noţiunii de probabilitate şi o consideră ca primară, apriorică.

De altfel, matematicienii care se ocupă de teoria probabilităţilor nu neagă, în fond, că evenimentele individuale analizate prin metodele acestei teorii pot fi subordonate şi unor legi dinamice, în afara celor statistice. Dimpotrivă, în cercetările lor, ei pornesc de obicei de la ipoteze despre existenţa unor legi dinamice în evenimentele individuale, recurg la ajutorul lor în dezvoltarea teoriei probabilităţilor, deşi consideră, pe drept cuvînt, că cercetarea în detaliu a legilor dinamice depăşeşte cadrul teoriei probabilităţilor şi al aplicaţiilor ei, probabilitatea fiind, în fond, o proprietate a unei anumite clase de ansamble.

În această ordine de idei este interesantă prefaţa acad. A. N. Kolmogorov la traducerea în limba rusă a cărţii lui N. Arley şi C. R. Buch: *Introducere în teoria probabilităţilor şi în statistica matematică.* Kolmogorov, vorbind despre clasificarea evenimentelor aleatorii, propusă de Arley şi Buch, distinge următoarele trei „moduri de intervenţie a stochasticului în desfăşurarea cutărui sau cutărui proces real:

1) Desfăşurarea procesului poate fi subordonată unor legi riguroase, care îl definesc univoc pe baza condiţiilor iniţiale, dar înseşi aceste condiţii iniţiale pot fi aleatorii în cazul unei noi realizări a procesului.

2) Întreaga desfăşurare în timp a procesului poate fi eminamente stochastică.

3) În desfăşurarea în timp a procesului se poate manifesta o lege fundamentală simplă, dar ea poate fi complicată de

Scanned with OKEN Scanner

perturbațiile aleatorii care acționează în decursul întregului proces"[20].

Primul mod de intervenție a probabilității în teorie ne este cunoscut din exemplul aruncării zarului, de care ne-am ocupat cu prilejul expunerii metodei funcțiilor arbitrare. Aci, statistica unor rezultate este determinată de existența unor distribuții statistice în stările inițiale ale obiectului. Un alt exemplu de acest fel citat de Kolmogorov este ruleta.

Autorii cărții menționate dau ca alte exemple pentru aceeași metodă de apariție a probabilității teoria molecular-cinetică a gazelor și chiar mecanica cuantică. Ce e drept, autorii cărții consideră că, în ultimul caz, probabilitatea apare în teorie ca urmare a faptului că „starea inițială este în principiu nemăsurabilă, deoarece însuși procesul de măsurare poate introduce modificări necontrolabile în fenomenul studiat"[21]. Vom cerceta în cele ce urmează cît este de justificată această argumentare, dar afirmația că în teoria molecular-cinetică și în fizica cuantică probabilitatea intervine pe aceeași bază prezintă un incontestabil interes.

Ceva mai complicată este situația cu al doilea mod de intervenție a probabilității în cercetarea proceselor naturii. Aici se are în vedere că un anumit obiect care participă la procesul cercetat este supus unei serii de interacțiuni care formează un ansamblu probabilistic. Dar înțelegerea literală a formulării lui A. Kolmogorov în această privință poate conduce la concluzia că el ar nega caracterul dinamic al interacțiunilor obiectului în procesul cercetat. Această concluzie ar fi însă lipsită de temei. Cînd se spune, în cercetarea proceselor probabilistice, că întreaga desfășurare în timp a unui proces este eminamente stochastică, nu avem în vedere natura interacțiunilor la care participă obiectul, ci faptul că rezultatele acestor interacțiuni nu depind unul de altul și că, în întregul lor, aceste interacțiuni formează ansamblul probabilistic inițial. A. Kolmogorov nu spune direct dacă aceste interacțiuni au sau nu un caracter dinamic. De aceea, se impune aici o continuare a analizei: trebuie studiate exemplele concrete care se invocă în acest caz.

Ca ilustrare pentru cel de-al doilea mod de intervenție a probabilității în cercetarea proceselor realității, A. Kolmogorov

---

[20] A. Kolmogorov, Prefață la traducerea în limba rusă a cărții lui N. Arley și C. R. Buch *Introducere în teoria probabilităților și în statistica matematică*, M., IL, 1951, p. 6.

[21] N. Arley și C. R. Buch, *op. cit.*, p. 13.

Scanned with OKEN Scanner

citează un singur exemplu: mişcarea browniană. Dar care interacţiune a particulei browniene cu moleculele lichidului şi mişcarea ei de la o ciocnire la alta nu se produce în fond după legile mecanicii clasice? Este imposibil să negăm astfel de afirmaţii, de unde rezultă că mişcarea particulei browniene posedă o lege dinamică, iar aplicarea teoriei probabilităţilor are, în cazul de faţă, ca fundament obiectiv, un ansamblu de interacţiuni independente şi comparabile ca mărime ale particulei browniene cu moleculele lichidului. În mod analog poate fi analizat şi orice alt exemplu unde este vorba despre desfăşurarea stochastică a unui proces. În fiecare caz de acest fel putem constata — şi matematicienii presupun în fond totdeauna acest lucru — că fiecare interacţiune în parte, precum şi schimbările obiectului de la o interacţiune la alta au un caracter dinamic.

Al treilea mod de intervenţie a probabilităţii în cercetarea proceselor naturii, pe care-l citează A. Kolmogorov, este în esenţă un caz mai general al celui de-al doilea mod. Într-un caz ca şi în celălalt, probabilitatea se introduce pentru că obiectul cercetat este supus unei serii de interacţiuni independente şi de mărime comparabilă, care formează o distribuţie probabilistică. Deosebirea dintre ele constă în aceea că, în al treilea caz, pe lîngă interacţiunile care duc la formarea unui ansamblu probabilistic, obiectul se mai află şi sub influenţa unei acţiuni cu caracter dinamic, care determină trăsăturile fundamentale ale procesului. Ca exemplu pentru cel de-al treilea caz poate servi zborul unui proiectil (după ce a ieşit cu anumită viteză din ţeava unei piese de artilerie). Factorul principal care acţionează asupra proiectilului este atracţia Pămîntului. Interacţiunile proiectilului cu aerul formează colectivul statistic perturbator care conduce la împrăştierea proiectilelor, analizată prin metodele teoriei probabilităţilor.

Cele arătate mai sus ne permit să ajungem la concluzia că probabilităţile intervin în cercetarea proceselor naturii din două cauze:

a) ori există o distribuţie statistică în starea iniţială a sistemului studiat, care conduce la distribuţii statistice în rezultatele ce ne interesează;

b) ori sistemul cercetat se află, în procesul mişcării sale, sub influenţa unei serii de acţiuni care formează o distribuţie constituind fundamentul obiectiv al aplicării unui calcul de probabilităţi în acest caz. (Este de la sine înţeles că probabilitatea poate interveni într-o teorie şi concomitent din ambele

Scanned with OKEN Scanner

cauze.) În ambele cazuri nu se neagă, ci chiar se presupune că fiecare proces individual care conduce la formarea ansamblelor statistice are legi dinamice. Existența și luarea în considerare a acestor legi, în condiții riguros determinate, ne permit să punem problema prevederii teoretice a stabilității frecvențelor și problema calculului valorilor cantitative ale probabilităților.

Această explicație a cauzelor intervenției probabilității în cercetarea proceselor naturii nu a fost și, în fond, nu este negată cu referire la fizica statistică clasică. Aici se recunoaște că particulele care formează ansamblul se supun unor legi dinamice: legile mecanicii clasice. Dar aceste ansamble clasice posedă anumite proprietăți (dezordinea moleculară), ceea ce oferă posibilitatea de a introduce calculul probabilităților. Așadar, din punctul de vedere al fizicii statistice, baza obiectivă pentru folosirea calculului probabilităților constă în existența distribuțiilor statistice ale unei serii de proprietăți fizice în ansamblele clasice inițiale.

Această concepție asupra cauzelor intervenției probabilității în cercetarea fenomenelor naturii este negată mai ales în legătură cu teoria cuantică. Dar înainte de a trece la studiul acestei probleme, ne vom opri pe scurt asupra problemei reductibilității reciproce a legilor dinamice și a celor statistice.

5. Saltul calitativ în trecerea de la legile dinamice la cele statistice și invers

Am văzut că probabilitatea este o proprietate a unei anumite clase de ansamble, a celor care posedă distribuții stabile ale frecvențelor evenimentelor. Analiza cauzelor stabilității frecvențelor în aceste ansamble ne duce la concluzia că fiecare obiect individual din componența unui ansamblu statistic posedă o lege dinamică riguroasă. Dar analiza acestora depășește cadrul propriu-zis al teoriei probabilităților, deci și cadrul teoriilor statistice. În acest caz se pune întrebarea: ce valoare vor avea legile probabilistice, statistice, dacă vor fi cunoscute legile dinamice ale obiectelor care formează ansamblul statistic studiat?[22].

[22] În această ordine de idei, vezi I. P. Terleţki, *Dinamiceskie i statisticeskie zakoni fiziki*, Izd-vo HGU, 1949.

Scanned with OKEN Scanner

Poate că, în acest caz, legile statistice vor deveni pur și simplu superflue, adică ele vor putea fi reduse total la legi dinamice? Problema reducerii unor legi la celelalte a fost pusă în știință în cadrul mecanicismului. După cum remarcă just D. Bohm, esența mecanicismului constă în afirmația că toate fenomenele fizice pot fi reduse la acțiunea unei clase puțin numeroase de legi, care sînt considerate absolute și primordiale[23]. Fizicienii din secolul trecut tindeau să reducă toate fenomenele fizice la acțiunea legilor mecanicii clasice. După ce metodele de cercetare statistice au pătruns în fizică, s-a pus problema fundamentului lor. Mecanicismul a determinat apariția și răspîndirea foarte largă a afirmației că fizica recurge la metodele statisticii exclusiv în urma dificultății practice de a stabili exact o anumită stare inițială a sistemului studiat și de a efectua calculele ulterioare referitoare la el. Ilustrînd aceasta cu exemplul teoriei gazelor, adepții sus-amintitei afirmații sînt de părere că, în rezolvarea unei probleme referitoare la un gaz, la proprietățile și la comportarea lui, avem de-a face în fapt cu un anumit sistem mecanic, care are însă un număr mare de componente, o imensitate de grade de libertate. Scriind numărul corespunzător de ecuații de mișcare pentru acest sistem și rezolvîndu-le, putem obține, în principiu, cum se spune în acest caz, date exhaustive asupra proprietăților fizice ale sistemului. Dar aici, conchid adepții acestei concepții, se ridică în fața oamenilor necesitatea de a alcătui și de a rezolva un număr atît de enorm de ecuații, încît aceasta devine, practic, pur și simplu irealizabil: pentru îndeplinirea unei astfel de sarcini, nu ar fi de ajuns nici viața omului, nici timpul, nici hîrtia, nici cerneala etc. De aici rezultă că acesta ar fi motivul pentru care știința recurge la statistică, adică el ar fi rezultatul unei necesități practice, care se întemeiază pe o renunțare la cunoașterea fizică exactă a stării sistemului. Astfel au apărut afirmațiile potrivit cărora statistica este un rezultat „al incompletitudinii cunoștințelor noastre" despre un sistem fizic pe care-l cercetăm.

Justificarea dată de mecanicism legilor statistice a fost supusă unei critici de fond în știință, deoarece ea conduce la subiectivism. În adevăr, afirmațiile conform cărora legile statistice apar ca rezultat al incompletitudinii cunoștințelor noastre înseamnă că legile statistice nu au caracter obiectiv, că nu au un fundament obiectiv propriu. Și invers, recunoașterea

[23] D. Bohm, *op. cit.*, cap. II, § 3.

Scanned with OKEN Scanner

caracterului obiectiv al legilor statistice atrage după sine recunoaşterea specificităţii legilor statistice, adică recunoaşterea ireductibilităţii lor la alte tipuri de legi. Specificitatea legilor statistice rezultă din faptul că ele reflectă conexiuni necesare în ansamblele de o anumită clasă. Aceste conexiuni necesare îşi găsesc expresia, în primul rînd, prin frecvenţele relative şi prin funcţiile de distribuţie. Indiferent dacă noi cunoaştem sau nu legile dinamice ale elementelor individuale care constituie ansamblele statistice, frecvenţele relative şi distribuţiile probabilistice nu-şi pierd semnificaţia şi nu dispar, cum s-ar putea crede, dacă recunoaştem reductibilitatea legilor statistice la cele dinamice. Mai mult, cunoaşterea legilor dinamice ale elementelor individuale din ansamblele statistice şi calculul comportării ansamblelor pe această bază nu ne vor da cunoaşterea noţiunilor fundamentale ale teoriilor statistice, adică a frecvenţelor relative şi a funcţiilor de distribuţie, şi deci nu ne vor dezvălui legile acestor sisteme, pe care le reprezentăm cu ajutorul teoriilor statistice. Legile statistice nu sînt rezultatul compunerii unor legi dinamice şi nici nu se descompun în acestea.

În cazul gazului, mişcarea fiecărei componente este guvernată de legile mecanicii lui Newton. Putem admite că sînt cunoscute toate stările iniţiale ale tuturor particulelor care formează gazul şi că am rezolvat întreaga mulţime enormă de ecuaţii. O dată cu apariţia maşinilor electronice de calcul, rezolvarea acestei probleme poate deveni pe deplin realizabilă. Ce vom obţine ca rezultat? Vom avea date despre starea gazului (la un moment al timpului), ca sistem mecanic determinat. Aceste date nu vor fi identice cu cele obţinute pe baza mecanicii statistice. Pentru a trece de la cele dintîi le cele din urmă trebuie să le mediem pe cele dintîi. Iar de acest proces de mediere este legat în primul rînd saltul calitativ care se produce cînd trecem de la legile mişcării unei particule individuale la legile unui colectiv, de la mecanica newtoniană la mecanica statistică. Această trecere nu trebuie interpretată ca o renunţare la obţinerea unor cunoştinţe precise. Dimpotrivă, teoriile statistice ne permit să redăm anumite proprietăţi esenţiale ale unui colectiv stabil de particule. Mai trebuie să adăugăm că această trecere — mediera — face ca cercetarea întregii probleme a gazului ca sistem mecanic să devină pur şi simplu inutilă.

Vorbind despre specificitatea legilor statistice, mai trebuie să subliniem din nou că ansamblele statistice nu sînt, aşazicînd, sisteme închegate, unde starea unor părţi ale siste-

Scanned with OKEN Scanner

mului influențează esențial starea altor părți, unde poziția anumitor părți determină structura întregului, așa cum atomii din componența unei molecule determină structura și proprietățile ei. Componentele ansamblelor probabilistice sînt independente unele de altele. În cazul gazului, aceasta înseamnă că starea fiecărei molecule de gaz, la orice moment, este esențialmente independentă de starea celorlalte molecule. Independența reciprocă mai înseamnă că legea statistică se manifestă și ca rezultat al repetării multiple a evenimentelor, reflectînd conexiunile necesare și stabile ale acestor procese. În prezent, mai ales în urma dezvoltării teoriilor cuantice, caracterul specific al legilor statistice și ireductibilitatea lor la cele dinamice au ajuns să fie recunoscute pe o scară destul de largă. O dată cu dezvoltarea teoriei cuantice, încercările de a reduce legile statistice la cele dinamice au început să provoace tot mai multă nemulțumire. În condițiile aplicării rodnice și intense a metodelor statistice în fizică, aceste fapte au făcut să apară afirmații conform cărora legile fundamentale, primordiale ar fi cele statistice, pe cînd legile dinamice nu ar fi decît o primă aproximație a celor statistice. Este deosebit de important să subliniem că în acest cadru a apărut o nouă concepție asupra naturii legilor statistice. A început să se susțină că ambiguitatea care apare cînd aplicăm legile statistice la analiza evenimentelor individuale (concluzii probabilistice) reprezintă un rezultat al unei nedeterminări interioare, proprii naturii proceselor individuale înseși, și pe care în principiu nu o vom putea rezolva niciodată. În condițiile acestei interpretări reiese că obiectele fizice dispun de „liber-arbitru", de „libertatea de a alege", pe care le reprezentăm cu ajutorul metodelor statistice.

Afirmațiile de acest fel au ajuns la o răspîndire deosebit de mare în zilele noastre, pe planul interpretării mecanicii cuantice. În lucrările fizicienilor și filozofilor sovietici a fost dezvăluită cauza apariției acestor afirmații: este vorba despre pozitivism, ai cărui adepți au negat totdeauna existența unei cauzalități obiective în natură. Pozitivismul consideră cauzalitatea ca pe o categorie pur logică, al cărei unic țel este de a servi la sistematizarea cunoștințelor. Această concepție a permis să apară afirmațiile conform cărora legile dinamice nu ar fi decît o primă aproximație a celor statistice. Dar avem de-a face aici numai cu o încercare de a reduce legile dinamice la cele statistice și de aceea D. Bohm a avut dreptate denumind această concepție „mecanicism

Scanned with OKEN Scanner

indeterminist“[24]. Acest punct de vedere asupra legilor statistice renunță la un aspect important al formelor mai vechi de filozofie mecanicistă: la determinismul acestora. „Totodată — scrie D. Bohm — ea a păstrat și, în fapt, a întărit trăsăturile caracteristice centrale și cele mai importante ale acestei filozofii, anume ipoteza că totul, în întregul Univers, poate fi redus complet și ideal numai la acțiunile unei mulțimi de parametri mecanici care variază pur cantitativ. Faptul că amănuntele acestor variații sînt absolut arbitrare și nu se supun unor legi nu face însă ca acest punct de vedere să fie esențial mai puțin mecanicist decît punctul de vedere care presupune că aceste amănunte sînt determinate de proprietățile corespunzătoare ale sistemului însuși“[25].

Afirmațiile conform cărora legile dinamice sînt numai o aproximație a celor statistice nu țin seama nici ele de specificul calitativ și de deosebirea dintre obiectele de cercetare ale respectivelor teorii.

Menționăm că ireductibilitatea nu neagă faptul că în diverse etape ale dezvoltării științei legile dinamice sau cele statistice pot reprezenta o cunoaștere mai profundă într-un anumit domeniu al naturii. Dacă luăm însă tendința istorică a dezvoltării fizicii se observă ușor întărirea rolului teoriilor statistice: progresul fundamental în dezvoltarea fizicii din zilele noastre este determinat într-o măsură considerabilă de aplicarea metodelor statistice de cercetare.

6. Despre cauzele intervenției statisticii în mecanica cuantică

Problemele fundamentelor statisticii și probabilității în discuțiile metodologice contemporane sînt strîns legate de dezvoltarea teoriei cuantice. Statistica este una dintre trăsăturile specifice fundamentale ale mecanicii cuantice. Acest fapt este unanim recunoscut.

Dar în problema cauzelor intervenției statisticii și a probabilității în mecanica cuantică, în problema fundării statisticității mecanicii cuantice, există divergențe de păreri.

---

[24] D. Bohm, *Cauzalitate și intîmplare în fizica modernă*, p. 101.
[25] *Ibidem*, pp. 100—101.

Scanned with OKEN Scanner

Riguros vorbind, problema fundării statisticii în mecanica cuantică se descompune în două probleme:
1) Fundarea *caracterului* acestei statistici în sensul deosebirii ei de alte statistici, cum ar fi, de exemplu, cele clasice; fundarea *trăsăturilor distinctive* ale statisticii mecanicii cuantice față de celelalte teorii statistice din fizică. În acest caz, ne interesează de ce are loc cutare formă concretă de statistică, și nu de ce este nevoie neapărat de o statistică. În raport cu statistica mecanicii cuantice, răspunsul la această problemă a fost dat într-o formă generală: particularitățile statisticii mecanicii cuantice sînt determinate de particularitățile obiectelor materiale pe care le studiază această teorie, adică de natura corpuscular-ondulatorie a microobiectelor.
2) Fundarea statisticii înseși, clarificarea cauzelor și a fundamentelor intervenției probabilității în mecanica cuantică. Aici stabilim ce anume reflectă statistica în procesele materiale, respectiv pe care dintre proprietățile și particularitățile acestor procese.
Cele mai mari dificultăți le prezintă a doua dintre problemele menționate aici și, în prezent, cînd vorbim despre justificarea statisticității mecanicii cuantice, o avem în vedere tocmai pe aceasta.
Care sînt fundamentele obiective ale statisticii cuantice? De ce a intervenit probabilitatea în această teorie? Ascuțimea divergențelor în răspunsurile la aceste întrebări se explică prin faptul că, inițial, la apariția interpretării de la Copenhaga a mecanicii cuantice, se susținea că intervenția probabilității și a statisticii în mecanica cuantică ar avea cauze radical diferite de cele ale pătrunderii probabilității în teoriile statistice clasice ale fizicii. În fizica clasică, probabilitatea era considerată ca o proprietate a unei anumite clase de ansamble și cauza intervenției ei în teoriile fizice era explicată fie prin prezența unei distribuții statistice în stările inițiale ale ansamblului de particule, care erau însă supuse fiecare unor legi de mișcare dinamice riguroase, fie prin prezența unei serii de interacțiuni căreia îi era supusă mișcarea de natură dinamică a fiecărui obiect individual. În schimb, în privința mecanicii cuantice, această explicație a cauzelor intervenției statisticii și probabilității a fost de la început negată categoric. De aici au fost în primul rînd excluse orice reprezentări asupra caracterului dinamic al legilor proceselor cuantice individuale, a fost exclusă pînă și ideea posibilității acestora. În conformitate cu aceasta, dintre cauzele posibile ale intervenției probabilității în me-

Scanned with OKEN Scanner

canica cuantică erau excluse atît existența unei distribuții statistice în stările inițiale ale sistemelor cuantice, cît și prezența unei serii de interacțiuni care afectează procesul cuantic individual cu desfășurare dinamică. Reprezentanții interpretării de la Copenhaga a mecanicii cuantice au început să susțină că statisticitatea legilor mecanicii cuantice ar fi determinată de particularitățile procesului de interacțiune dintre micro- și macroobiecte. Interacțiunea microobiectelor cu macroobiectele ar avea totdeauna un caracter necontrolabil și această necontrolabilitate ar fi cea care conduce la apariția statisticii în legile mecanicii cuantice. Aici se subliniază în mod special că această necontrolabilitate are un caracter principial, adică este legată intim, esențial de mecanica cuantică: ea nu poate fi eliminată fără a ignora procesele cuantice în general. În 1933, N. Bohr scria că pentru fenomenele cuantice „este caracteristică interacțiunea finită și nesusceptibilă de calcul dintre obiect și aparatele de măsură", legînd aceasta de ideea complementarității[26]. Această afirmație a fost reluată de N. Bohr și în 1949[27]. La hotarul dintre domeniul macroproceselor și cel al microproceselor „influența exercitată de mijlocul de observație asupra obiectului observației — scrie W. Heisenberg — trebuie considerată ca o perturbație parțial necontrolabilă. Această parte principial necontrolabilă a perturbației, legată în mod necesar de orice observație, este importantă pentru noi în multe privințe. În primul rînd, ea este cauza apariției legilor statistice ale naturii în mecanica cuantică"[28].

Trebuie să subliniem în mod special că, atunci cînd se vorbește despre necontrolabilitate, nu se are în vedere mărginirea respectivei teorii, ci incapacitatea întregii științe de a controla anumite procese fizice. Pentru a fi mai bine clarificată, teza necontrolabilității poate fi expusă invers: dacă procesul de interacțiune dintre micro- și macroobiecte ar fi controlabil, atunci statistica nu ar putea să-și găsească loc în cunoștințele noastre asupra microobiectelor în mecanica cuantică. Din punctul de vedere al necontrolabilității, microobiectul posedă, în procesul interacțiunii sale cu alte corpuri,

---

[26] N. Bohr, *Putem considera oare că descrierea cuantică a realității fizice este completă?*, UFN, 1936, t. XVI, p. 454.

[27] Idem, *Discuția cu Einstein asupra problemelor teoriei cunoașterii în fizica atomică*, în culegerea „Filozofskie voprosî sovremennoi fiziki, Izd-vo AN SSSR, M., 1959, p. 214.

[28] W. Heisenberg, *Problemele filozofice ale fizicii atomice*, M., IL, 1953, p. 8.

Scanned with OKEN Scanner

„liber-arbitru", „libertate de alegere" a comportării sale ulterioare, astfel că toate încercările de a-i determina comportarea sînt dinainte sortite eşecului. Ce e drept, trebuie să se recunoască că „liberul-arbitru" al obiectului nu este absolut: el este mărginit de cadrul unor legi statistice.

De recunoaşterea necontrolabilităţii sînt legate afirmaţiile conform cărora legile statistice ale mecanicii cuantice ar fi legi indeterministe. În adevăr, dacă microobiectul posedă o „libertate de alegere" intrinsecă, aceasta nu înseamnă decît indeterminism în comportarea lui. Trebuie să relevăm că identificarea statisticii cu indeterminismul este destul de larg răspîndită în literatura ştiinţifică din străinătate. În acest cadru se ignorează adesea că astfel de afirmaţii sînt valabile numai dacă intervenţia statisticii în teorie se explică pe baza necontrolabilităţii.

Concluziile asupra „liberului-arbitru" din comportarea microobiectelor au suscitat de la început obiecţii destul de serioase. Această critică s-a întărit tot mai mult, pînă cînd a devenit o critică a necontrolabilităţii.

Problema s-a pus astfel: este oare adecvată realităţii explicarea apariţiei statisticii în mecanica cuantică pe baza reprezentărilor de necontrolabilitate? Este oare posibilă o altă explicare a statisticităţii acestei teorii, care să elimine complet orice reprezentări despre necontrolabilitatea proceselor cuantice individuale? Astfel, de pildă, intervenţia statisticii în diferitele teorii ale fizicii clasice îşi găseşte o explicaţie care elimină complet orice reprezentări indeterministe asupra proceselor fizice individuale. Este posibil aşa ceva şi pentru mecanica cuantică?

Fundamentarea statisticităţii mecanicii cuantice, al cărei punct central era afirmaţia necontrolabilităţii principiale, a fost propusă de mai mulţi fizicieni, curînd după crearea aparatului matematic al teoriei. Ea este o parte inalienabilă a concepţiei „complementarităţii" ca variantă a interpretării mecanicii cuantice, dată de şcoala de la Copenhaga. Dominaţia pozitivismului în rîndurile celui mai important grup de fizicieni care s-au ocupat de dezvoltarea mecanicii cuantice, succesele colosale ale teoriei în domeniul aplicaţiilor practice au abătut atenţia fizicienilor de la analiza critică a acestei explicaţii date statisticii mecanicii cuantice. Dar nu toţi fizicienii au acceptat aceste concepţii. A. Einstein a luat în repetate rînduri poziţie împotriva acestei explicaţii a statisticităţii legilor mecanicii cuantice. Astfel, el scrie:

Scanned with OKEN Scanner

„... funcția ψ nici nu descrie o stare unică a unui sistem, ci este o afirmație statistică... Cred că este clar că singura interpretare posibilă este interpretarea statistică dată de Born propozițiilor teoriei cuantice: funcția ψ nu descrie în general o stare în care se poate afla un singur sistem. Ea se referă mai curînd la multe sisteme, la un ansamblu de sisteme în sensul mecanicii statistice. Dacă, făcînd abstracție de cazurile speciale, funcția ψ ne dă numai afirmații *statistice* despre mărimile măsurate, cauza nu trebuie căutată în aceea că procesul de măsurare ar introduce elemente necunoscute, accesibile numai statistic, ci tocmai în aceea că funcția ψ nici nu descrie starea *unui* singur sistem. Ecuația lui Schrödinger definește variația în timp a unui ansamblu de sisteme, în condițiile unor acțiuni exterioare asupra unui singur sistem sau și în lipsa acestora"[29].

Aici este important să subliniem că Einstein ia poziție pentru justificarea statisticii mecanicii cuantice într-un mod analog cu cea a statisticii din fizica clasică, că el se pronunță împotriva opunerii lor din acest punct de vedere; el este împotriva justificării statisticității mecanicii cuantice pe baza necontrolabilității, pe baza particularităților procesului de măsurare, a particularităților interacțiunii microobiectului cu aparatul.

În același spirit s-au exprimat și numeroși alți fizicieni, în problema justificării caracterului statistic al legilor mecanicii cuantice. Iată ce citim la S. I. Vavilov: „...Se spune de obicei... că în teoria gazelor noțiunea de probabilitate pătrunde numai ca urmare a dificultății practice de a descrie precis starea inițială a sistemului cercetat, pe cînd în fizica atomică avem de-a face cu o imposibilitate principială a descrierii, legată de indicarea simultană a coordonatelor și a vitezelor particulelor. Dar deosebirea dintre statistica gazelor și statistica fenomenelor atomice nu constă nicidecum în faptul că în primul caz noțiunea de probabilitate se introduce numai din considerente practice, pe cînd, în al doilea caz, ea se introduce principial. În gaze, legile probabilității trebuie introduse întrucît este neîndoielnic că stările inițiale ale moleculelor, dat fiind numărul lor mare, sînt distribuite după legile statisticii, dar oare nu sînt aceleași și considerentele după care introducem legile statisticii în descrierea fenomenelor atomice? ...Cred că din punct de vedere meto-

[29] A. Einstein, *Fizica și realitatea*, în „Pod znamenem marksizma", nr. 11—12, 1937, p. 126.

Scanned with OKEN Scanner

dologic, deşi deosebirea dintre cele două probleme este profundă, întîlnim o situaţie în principiu identică“[30].

Subliniem aici că, după cum arată S. I. Vavilov, statistica intervine în mecanica cuantică pe aceleaşi baze şi din aceleaşi cauze ca şi în fizica statistică clasică şi că nu există aici nici o deosebire „de principiu“.

Tocmai în opoziţie cu interpretarea statisticii mecanicii cuantice dată de şcoala de la Copenhaga, a luat naştere „concepţia ansamblelor cuantice“, reprezentată de K. V. Nikolski, D. I. Blohinţev şi de alţi fizicieni şi filozofi sovietici. Această variantă de interpretare a mecanicii cuantice îşi cucereşte în prezent o tot mai largă recunoaştere şi răspîndire. Reprezentanţii interpretării cauzale a mecanicii cuantice, care se dezvoltă în prezent — L. de Broglie, D. Bohm, J. Vigier şi alţii — încearcă şi ei să fundeze statistica mecanicii cuantice la fel cu statistica fizicii clasice. De pe aceleaşi poziţii se pronunţă în ultimul timp şi o serie de alţi fizicieni[31].

În procesul desfăşurării discuţiilor, problema justificării statisticii mecanicii cuantice s-a pus într-o strînsă legătură cu problema fundării statisticii fizicii clasice. Reprezentanţii interpretării de la Copenhaga susţin că intervenţia statisticii în mecanica cuantică are o cauză diferită de intervenţia ei în fizica clasică. Un număr tot mai mare de oponenţi arată, dimpotrivă, că avem de-a face cu o aceeaşi problemă din punct de vedere metodologic.

Acest mod de a pune problema ne conduce la ceea ce se cheamă problema parametrilor „ascunşi“. Să luăm experimentele de difracţie a unor microobiecte, experimentele de bază ale mecanicii cuantice. În aceste experimente, statistica se manifestă după interacţiunea microparticulelor cu aparatul. Dacă afirmăm că statistica intervine în mecanica cuantică pe aceleaşi baze ca şi în fizica clasică, trebuie să recunoaştem că apariţia acestei statistici este determinată fie de prezenţa unei distribuţii statistice în stările iniţiale ale microobiectelor, fie de prezenţa unei serii de interacţiuni cărora le este supusă microparticula în aceste experimente. În general, sînt posibile următoarele provenienţe ale statisticii cuantice, pe

---

[30] S. I. Vavilov, *Filozofskie problemî sovremennoi fiziki i zadaci sovetskih fizikov v borbe za peredovuiu nauku*, apărut în culegerea „*Filozofskie voprosi sovremennoi fiziki*“, Izd-vo AN SSSR, 1952, p. 24.

[31] Vezi articolele lui J. Moyel, J. Fenyes şi R. Feynman, în culegerea „Voprosî pricinnosti v kvantovoi mehanike“, M., IL, 1955.

Scanned with OKEN Scanner

care o observăm în experimentele de difracţie a microparticulelor :

1) această statistică a existat în starea iniţială a microparticulelor, dar, aşa-zicînd, într-o formă latentă ; aparatul a pus-o în evidenţă, a făcut-o manifestă pentru noi ;

2) ea este determinată simultan şi de starea iniţială a microparticulelor, şi de o anumită statistică (serie de interacţiuni) din aparat ;

3) apariţia acestei statistici este determinată exclusiv de o statistică din aparat, din reţeaua de difracţie ;

4) statistica „s-a născut" în actul de interacţiune al particulelor din reţeaua de difracţie, fără nici un fel de simptome, de indicaţii la aşa ceva în stările iniţiale şi în caracteristicile particulelor şi ale aparatului.

Alte explicaţii posibile ale originii statisticii, care se manifestă după interacţiunea microparticulelor cu aparatul, nu putem concepe. Să analizăm pe scurt aceste cazuri. O vom lua de la sfîrşit. După cum se observă uşor, acest caz este identic cu necontrolabilitatea despre care vorbesc reprezentanţii interpretării de la Copenhaga a mecanicii cuantice. Aici statistica nu are nici o bază, nici un germene în starea precedentă a materiei. Dacă statistica astfel apărută nu este legată de vreo statistică în starea iniţială a particulelor sau de o anumită statistică din aparat, nici înainte, nici după interacţiune, apariţia statisticii nu poate fi considerată ca determinată cauzal. În acest caz sînt respinse în principiu reprezentările conform cărora actul de interacţiune al microparticulei individuale cu aparatul conduce, în virtutea existenţei unor proprietăţi fizice ale particulei şi ale aparatului, la o anumită mişcare univocă a particulei, după interacţiune. Aici i se atribuie în esenţă particulei „libertate de alegere" în comportarea ei ulterioară, ceea ce constituie conţinutul principal al necontrolabilităţii. Dar să convenim deocamdată să nu analizăm mai departe necontrolabilitatea.

Să ne ocupăm de următoarea explicaţie posibilă a apariţiei statisticii în experimentele de difracţie ale unor microparticule. Dacă vom recunoaşte că apariţia acestei statistici este determinată de o anumită statistică din aparat, înseamnă că pe baza acestor experimente nu avem dreptul să vorbim despre existenţa unor proprietăţi noi, ondulatorii ale microobiectelor, şi că pe baza statisticii constatate în experimente ar trebui să tragem concluzii numai asupra proprietăţilor reţelei de difracţie. Aceasta însă va fi în contradicţie cu

Scanned with OKEN Scanner

considerarea experimentelor de difracţie a microparticulelor ca fundament experimental al mecanicii cuantice, ceea ce se şi întîmplă în realitate. Desigur, rezultatul unor astfel de interacţiuni depinde atît de particule, cît şi de aparat (reţeaua de difracţie). Dar dacă un anumit corp este folosit ca aparat, aceasta înseamnă că proprietăţile respectivului corp în interacţiunile ce ne interesează sînt cunoscute, drept care ele pot fi „scăzute" din rezultatele interacţiunii, obţinîndu-se astfel cunoştinţe despre obiectele cercetate. „Corpul fizic (sau sistemul de corpuri) — scrie M. E. Omelianovski — nu este prin el însuşi un aparat; el devine aparat numai atunci cînd, asociindu-l organelor sale de simţ, omul îl transformă într-un fel de prelungire a acestor organe, servind la cunoaşterea fenomenelor fizice... omul poate «asocia» organelor sale de simţ un anumit corp fizic, poate «transforma» un corp fizic într-un aparat, numai pe baza cunoaşterii unor anumite legi..."[32]. Analog, rezultatele experimentelor de difracţie a unor microparticule depind atît de proprietăţile particulelor, cît şi de proprietăţile reţelei de difracţie. Dar în aceste experimente, prin însăşi semnificaţia şi rolul lor, luăm ca punct de plecare cunoaşterea proprietăţilor reţelei de difracţie şi, adăugînd la ele rezultatele experimentului, ne facem o idee despre existenţa unor anumite proprietăţi ale microparticulelor cercetate, şi numai ale lor. Faptul că aceste cunoştinţe ale noastre sînt exprimate în limbaj statistic nu schimbă esenţa problemei. Aceasta respinge ipoteza a treia, precum şi a doua referitoare la cauzele originii statisticităţii în domeniul cuantic.

Mai rămîne prima ipoteză, anume că statistica, din care reiese existenţa unor noi fenomene în procesele fizice, este inerentă stărilor iniţiale ale microobiectelor în experimentele de difracţie. În interacţiunea cu reţeaua de difracţie, microparticulele îşi schimbă starea, şi anume în aşa fel încît rezultatul este că această statistică devine manifestă, evidentă. Apariţia imaginii de difracţie în mecanica cuantică se explică prin proprietăţile speciale, ondulatorii ale microparticulelor. De aici rezultă că statistica iniţială din stările microobiectelor este legată de statistica proprietăţilor lor ondulatorii, de existenţa unei distribuţii statistice în parametrii microobiectului ce caracterizează proprietăţile sale ondulatorii. Cît priveşte natura proprietăţilor ondulatorii ale microobiecte-

---

[32] M. Omelianovski, *Problemele filozofice ale mecanicii cuantice*, p. 135.

Scanned with OKEN Scanner

lor, aceasta constituie o întrebare la care fizica actuală nu poate da un răspuns amănunţit şi faţă de care, evident, mecanica cuantică preferă să tacă. În fizica actuală nu au fost obţinute încă mărimi fizice care să permită a se înţelege destul de complet caracterul proprietăţilor ondulatorii ale microparticulelor şi de a exprima statistica lor iniţială. De aici, aceste mărimi au şi căpătat denumirea de mărimi „ascunse", de „parametri ascunşi".

Aşadar, în explicarea cauzelor intervenţiei statisticii şi probabilităţii în mecanica cuantică problema se pune, în ultimă instanţă, astfel: ori recunoaşterea existenţei parametrilor „ascunşi", ori recunoaşterea necontrolabilităţii. O a treia cale nu există, după concepţia noastră, în ştiinţă, cel puţin în prezent. Ce e drept, trebuie menţionat că în discuţiile actuale asupra naturii legilor statistice se evită adesea acest mod direct de a pune problema.

Reprezentanţii interpretării de la Copenhaga a mecanicii cuantice contestă cu hotărîre posibilitatea existenţei parametrilor „ascunşi". Aceste afirmaţii ei le fundamentează din punct de vedere fizic exclusiv pe aşa-numita „teoremă a lui Neumann", care ar demonstra imposibilitatea existenţei unor parametri „ascunşi" ai microobiectului. După cum au subliniat însă D. I. Blohinţev[33], L. de Broglie[34] şi alţii, această teoremă nu afectează în fapt esenţa problemei parametrilor „ascunşi". Această teoremă demonstrează numai că mecanica cuantică este un sistem închis din punct de vedere logic, că această teorie nu poate fi completată cu noi mărimi, care să satisfacă legile mecanicii cuantice. Dar dacă parametrii „ascunşi" există, ei au o altă natură, necuantică, şi analiza lor depăşeşte sfera de competenţă a mecanicii cuantice. Teorema lui Neumann nu se ocupă de aceste probleme. Prin urmare, fizica însăşi nu posedă probe împotriva parametrilor „ascunşi". Discuţia în problema parametrilor „ascunşi" se situează actualmente exclusiv pe terenul filozofiei, al teoriei cunoaşterii. Istoria ştiinţei şi filozofia materialistă ne arată că materia este inepuizabilă şi că fiecare obiect material are o mare varietate de proprietăţi. O dată cu dezvoltarea fizicii, în viitor, vor fi descoperite incontestabil tot mai multe proprietăţi noi ale microobiectelor, satisfăcînd alte legi, mai

---

[33] Vezi articolul lui D. I. Blohinţev în „Filozofskie voprosî sovremennoi fiziki", 1952, p. 380.

[34] Vezi articolul lui L. de Broglie în „Voprosî pricinnosti v kvantovoi mehanike", IL, 1955, pp. 28—29.

Scanned with OKEN Scanner

profunde decît legile mecanicii cuantice de astăzi. Aceste noi proprietăţi ale microobiectelor ar putea fi tocmai parametrii „ascunşi" căutaţi. „Abordarea materialistă a fenomenelor", subliniază just A. Saddbey şi M. Cornforth, pledează în favoarea existenţei „parametrilor ascunşi"[35].

Pe de altă parte, teza necontrolabilităţii în interacţiunea microobiectelor cu macrocorpurile nu are justificare reală şi este legată doar de filozofia pozitivistă. Am mai relevat că pozitivismul neagă caracterul obiectiv al cauzalităţii. Se ştie, de asemenea, că reprezentanţii interpretării de la Copenhaga a mecanicii cuantice, care au emis ideea necontrolabilităţii, trăiesc şi lucrează în condiţii sociale în care reprezentanţii ştiinţei oficiale desconsideră filozofia materialistă şi cultivă pe scară largă pozitivismul. Acest pozitivism i-a şi determinat pe oamenii de ştiinţă să renunţe la căutarea unor fundamente obiective adînci ale intervenţiei statisticii în mecanica cuantică şi să proclame necontrolabilitatea.

Dar filozofia pozitivistă este o reprezentare denaturată a procesului de cunoaştere, ea este în contradicţie cu ştiinţa. Prin urmare, trebuie să renunţăm la teza necontrolabilităţii ca fiind inconsistentă din punctul de vedere cel mai general. Vom cita în legătură cu aceasta o formulare a lui V. A. Fok: „În principiu, orice proces fizic este cognoscibil, deci şi accesibil controlului. Procesul de interacţiune dintre obiect şi aparat nu poate constitui o excepţie şi cuvîntul «necontrolabilitate», dacă este în genere folosit, trebuie înţeles oarecum convenţional.

Nu există în genere necontrolabilitate principială. Tot ce există este în principiu controlabil, iar necontrolabil este numai ceea ce nu există în natură. Interacţiunea nu poate fi principial necontrolabilă, şi dacă se întîmplă ca Bohr să vorbească despre o astfel de interacţiune, aceasta se explică numai prin faptul că însăşi problema este pusă de el în mod artificial. În adevăr, în formularea lui Bohr este vorba, în esenţă, nu despre o analiză cît se poate de completă a interacţiunii dintre obiect şi aparat, ci despre descrierea acestei interacţiuni în limbajul notoriu imperfect al mecanicii clasice. Bohr se află de la început în faţa unei probleme de nerezolvat : să urmărească variaţiile simultane ale coordonatei x şi

---

[35] A. Saddbey şi M. Cornforth, *Problemele filozofice ale mecanicii cuantice*, în culegerea „Reprezentanţii opiniei publice din Anglia în luptă pentru o ideologie înaintată", M., IL, 1954, p. 158.

Scanned with OKEN Scanner

ale impulsului p ale unui obiect atomic, rămînînd pînă la urmă fidel mecanicii clasice. Iar cînd se constată că aceasta este imposibil, rezultatul nu este atribuit proprietăţilor ondulatorii ale materiei, ci existenţei unei interacţiuni pretins necontrolabile între obiect şi aparat...

Aşadar, noţiunea de «necontrolabilitate principială» trebuie părăsită ca incorectă. Bohr a avut nevoie de ea numai pentru a camufla incongruitatea logică determinată de folosirea noţiunilor mecanicii clasice dincolo de hotarele domeniului lor de aplicabilitate. Faptele pentru explicarea cărora a fost utilizată această noţiune nu au nevoie de nimic în elucidarea lor, cu excepţia relaţiilor lui Heisenberg interpretate corect"[36]. Trebuie menţionat că V. A. Fok abordează cu foarte multă precauţie critica reprezentărilor lui N. Bohr asupra necontrolabilităţii. V. A. Fok spune că putem încerca să interpretăm noţiunea de necontrolabilitate şi în alt fel, de exemplu ca „imposibilitate de a introduce o măsurătoare în plus, fără a încălca condiţiile măsurătorii existente", dar şi după analiza unor astfel de cazuri el ajunge la concluzia că „cuvintele lui Bohr despre necontrolabilitatea interacţiunii nu au un sens precis"[37].

Trebuie de asemenea să menţionăm că într-un articol relativ recent, N. Bohr şi-a expus concepţiile asupra mecanicii cuantice, fără a folosi cuvintele „necontrolabilitate principială"[38]. De aceea, se spune uneori că N. Bohr ar fi renunţat la reprezentările asupra necontrolabilităţii. După concepţia noastră, aceste concluzii sînt premature. Necontrolabilitatea serveşte drept o anumită justificare a statisticii în mecanica cuantică şi de aceea prezintă importanţă nu pur şi simplu renunţarea la cuvintele despre „necontrolabilitate", cît la ceea ce se propune în locul necontrolabilităţii, ceea ce se propune astăzi pentru a justifica statisticitatea legilor mecanicii cuantice. Or, în privinţa unor modificări esenţiale ale punctului de vedere al lui Bohr asupra naturii statisticii cuantice nu se pot trage concluzii clare din acest articol. Dacă înainte această statistică era motivată prin existenţa necontrolabilităţii în interacţiunile microobiectelor cu aparatele, acum se vorbeşte despre o neuniformitate a acestor interacţiuni. „Repetarea aceluiaşi experiment... — scrie N. Bohr — dă, în

---

[36] V. A. Fok, *Kritika vzgliadov Bora na kvantovuiu mehaniku*, în „Filozofskie voprosî sovremennoi fiziki", Gospolitizdat, M., 1958, pp. 65—66.
[37] *Ibidem*, p. 66.
[38] N. Bohr, *Fizica cuantică şi filozofia*, UFN, 1959, t. LXVIII, fasc. 1.

general, valori *diferite* referitoare la obiect; acest fapt duce nemijlocit la concluzia că formularea sintetică a rezultatelor obținute experimental în acest domeniu trebuie să-și găsească expresia în legi statistice (probabiliste)"[39]. Din ceea ce spune N. Bohr în continuare rezultă că această neunivocitate dintre interacțiunile microobiectelor cu aparatele nu poate fi depășită principial. Nu se spune nimic despre determinarea cauzală a proceselor individuale care duce la diferite rezultate în experimentele pentru studiul proprietăților materiei la nivelul mecanicii cuantice; dimpotrivă, se arată că mecanica cuantică „se abate considerabil de la exigențele obișnuite ale explicației cauzale a fenomenelor"[40]. Toate acestea ne determină să tragem concluzia că, în concepțiile sale asupra naturii statisticii cuantice, N. Bohr continuă să aibă concepții foarte apropiate de ideile necontrolabilității principiale.

Deși anumite școli de fizică recurg uneori la filozofia idealistă, spiritul cercetării fizice este în ansamblu materialist. Această orientare materialistă a făcut ca, în prezent, un număr tot mai mare de fizicieni să ia poziție cu tot mai multă hotărîre împotriva opunerii mecanicii cuantice și a fizicii clasice în problemele explicării cauzelor intervenției statisticii și a probabilității în teoriile fizice, pentru recunoașterea parametrilor „ascunși". Deosebirea dintre statistică în fizica clasică și în fizica cuantică, scrie S. I. Vavilov, „se reduce la faptul că într-o problemă clasică avem de-a face cu o expresie a dezordinei coordonatelor și vitezelor, pe cînd în problema cuantică nu știm pînă acum cărei proprietăți trebuie să-i atribuim caracterul dezordonat al fenomenelor observate, exact după cum pe timpul descoperirii fenomenului brownian de către botanistul Brown nimeni nu știa de ce depinde dezordinea haotică a mișcării particulelor suspendate într-un lichid"[41].

În ultimul timp, în lucrările unor fizicieni și matematicieni se fac încercări de a dezvolta reprezentarea de parametri „ascunși", încercări de a dezvolta teoria cuantică pe baza acestor reprezentări. Aici trebuie menționate în primul rînd lucrările reprezentanților interpretărilor cauzale ale teoriei cuantice, care subliniază ferm necesitatea de a recunoaște existența parametrilor „ascunși" ai microobiectelor. Ce e drept, aici se întîlnesc dificultăți uriașe și lucrurile nu se fac întotdeauna bine. Astfel, în primele sale articole, care au pus bazele elaborării noului curent în teoria cuantică[42],

---

[39] N. Bohr, loc. cit., p. 40.
[40] *Ibidem*, p. 39.
[41] S. I. Vavilov, în „Filozofskie voprosî sovremennoi fiziki", 1952, p. 27.

Scanned with OKEN Scanner

D. Bohm a considerat drept parametri „ascunși" coordonata și impulsul microobiectelor. Dar imaginea de difracție a microobiectelor nu poate fi explicată prin existența unei distribuții statistice în valorile inițiale ale acestor mărimi, și de fapt articolele lui Bohm sînt orientate prin întregul lor spirit împotriva unor astfel de afirmații: parametrii „ascunși" sînt legați de proprietățile ondulatorii ale microparticulelor și tocmai de aceea introduce el reprezentarea de cîmp ondulatoriu special al microobiectelor.

O încercare de a elabora un formalism matematic care să permită luarea în considerare a parametrilor „ascunși" a fost făcută și în articolul lui N. Wiener și A. Siegel: *Teoria spațiului diferențial al sistemelor cuantice*, publicat în 1955[43]. Este interesant de subliniat că autorii acestui articol consideră ca problemă fundamentală în cunoscuta discuție dintre A. Einstein și N. Bohr despre interpretarea mecanicii cuantice tocmai problema parametrilor „ascunși". Ei consideră că A. Einstein admitea parametrii „ascunși" și aderă și ei la această poziție. În schimb, poziția lui N. Bohr, care neagă parametrii „ascunși", este considerată în mod clar de autorii articolului ca fiind determinată de filozofia pozitivistă.

În încheierea acestui paragraf trebuie să spunem că, după concepția noastră, abordarea materialistă a fundamentării statisticii cuantice arată că justificarea statisticii și a probabilității nu diferă principial în fizica clasică și în cea cuantică. Statistica cuantică este determinată de existența unei distribuții statistice în stările inițiale ale microobiectelor, distribuție legată de parametrii „ascunși". Acest punct de vedere reprezintă, după concepția noastră, cea mai profundă justificare a acestei statistici și pledează pentru posibilitatea incontestabilă a unor legi dinamice în procesele cuantice individuale, calitativ diferite de legile mecanicii cuantice și ireductibile la ele.

7. Interpretarea probabilității în mecanica cuantică și discuția dintre V. A. Fok și D. I. Blohințev

Problemele fundării caracterului statistic al legilor mecanicii cuantice au fost ridicate și în discuția dintre V. A. Fok și D. I. Blohințev. În analiza acestei discuții divergențele din-

---

[42] Vezi „Voprosî pricinnosti v kvantovoi mehanike".

[43] N. Wiener și A. Siegel, *Teoria spațiului diferențial al sistemelor cuantice*, în „Nuovo Cimento", vol. II, supliment, nr. 4. 1955.

Scanned with OKEN Scanner

D. Bohm a considerat drept parametri „ascunşi" coordonata şi impulsul microobiectelor. Dar imaginea de difracţie a microobiectelor nu poate fi explicată prin existenţa unei distribuţii statistice în valorile iniţiale ale acestor mărimi, şi de fapt articolele lui Bohm sînt orientate prin întregul lor spirit împotriva unor astfel de afirmaţii: parametrii „ascunşi" sînt legaţi de proprietăţile ondulatorii ale microparticulelor şi tocmai de aceea introduce el reprezentarea de cîmp ondulatoriu special al microobiectelor.

O încercare de a elabora un formalism matematic care să permită luarea în considerare a parametrilor „ascunşi" a fost făcută şi în articolul lui N. Wiener şi A. Siegel: *Teoria spaţiului diferenţial al sistemelor cuantice,* publicat în 1955[43]. Este interesant de subliniat că autorii acestui articol consideră ca problemă fundamentală în cunoscuta discuţie dintre A. Einstein şi N. Bohr despre interpretarea mecanicii cuantice tocmai problema parametrilor „ascunşi". Ei consideră că A. Einstein admitea parametrii „ascunşi" şi aderă şi ei la această poziţie. În schimb, poziţia lui N. Bohr, care neagă parametrii „ascunşi", este considerată în mod clar de autorii articolului ca fiind determinată de filozofia pozitivistă.

În încheierea acestui paragraf trebuie să spunem că, după concepţia noastră, abordarea materialistă a fundamentării statisticii cuantice arată că justificarea statisticii şi a probabilităţii nu diferă principial în fizica clasică şi în cea cuantică. Statistica cuantică este determinată de existenţa unei distribuţii statistice în stările iniţiale ale microobiectelor, distribuţie legată de parametrii „ascunşi". Acest punct de vedere reprezintă, după concepţia noastră, cea mai profundă justificare a acestei statistici şi pledează pentru posibilitatea incontestabilă a unor legi dinamice în procesele cuantice individuale, calitativ diferite de legile mecanicii cuantice şi ireductibile la ele.

7. Interpretarea probabilităţii în mecanica cuantică şi discuţia dintre V. A. Fok şi D. I. Blohinţev

Problemele fundării caracterului statistic al legilor mecanicii cuantice au fost ridicate şi în discuţia dintre V. A. Fok şi D. I. Blohinţev. În analiza acestei discuţii divergenţele din-

---

[42] Vezi „Voprosî pricinnosti v kvantovoi mehanike".

[43] N. Wiener şi A. Siegel, *Teoria spaţiului diferenţial al sistemelor cuantice,* în „Nuovo Cimento", vol. II, supliment, nr. 4. 1955.

Scanned with OKEN Scanner

tre părți sînt rezumate, în majoritatea cazurilor, astfel: se afirmă că D. I. Blohințev referă funcția de undă, caracteristica principală a sistemelor fizice în mecanica cuantică, numai la un ansamblu de microparticule, pe cînd V. A. Fok o raportează numai la o particulă cuantică individuală. Astfel apreciază această discuție numeroși participanți la conferința de la Kiev asupra problemelor filozofice ale fizicii moderne, care a avut loc în 1954. „După D. I. Blohințev — se arată în referatul lui A. S. Davîdov, M. D. Deigen, I. M. Dîkman, S. I. Pekar, K. P. Toplîgov — rezultatele mecanicii cuantice nu sînt valabile pentru un sistem individual, ci pentru un ansamblu de sisteme. Criticînd această teză, A. D. Aleksandrov și V. A. Fok susțin că rezultatele mecanicii cuantice se referă la un sistem individual"[44]. Dacă chestiunea s-ar reduce numai la atît, s-ar putea spune că ambele părți au dreptate și că trebuie numai să li se reproșeze unilateralitatea: funcția de undă poate fi aplicată și unui ansamblu de particule, și unei singure particule, fără ca din această cauză ea să-și piardă semnificația obiectivă. Obținem caracteristicile statistice pe baza analizei proprietăților unei anumite clase de ansamble și ele se aplică în primul rînd acestor ansamble. Dar aceasta nu înseamnă că ele nu ar putea fi folosite și în cercetarea unor procese individuale. Dacă este cunoscut că un anumit proces individual se încadrează în sfera de fenomene pe care le studiază o teorie statistică concretă, i se poate aplica fără teamă această statistică. Putem cita o mulțime de exemple de aplicare a caracteristicilor statistice la cercetarea unor procese individuale. Aici se încadrează, între altele, calculul probabilității unui anumit rezultat la căderea unei monede, a unui zar etc. Aplicarea metodelor mecanicii cuantice, folosirea funcției de undă în analiza proceselor individuale constituie de asemenea un exemplu analog. În general, trebuie să spunem că în știință se trece la folosirea judecăților probabilistice, la utilizarea limbajului probabilității atunci cînd se aplică datele statistice la anumite procese individuale sau la un mic număr de procese individuale. Teoria probabilităților este aplicabilă analizei unor procese individuale (sau unui mic număr de procese), luînd în considerare, și ca bază, faptul că aceste procese individuale pot să formeze un colectiv statistic obiectiv inițial. Totodată, este

[44] Vezi culegerea „Filozofskie voprosî sovremennoi fiziki", Izd-vo AN SSSR, Kiev, 1956, pp. 59—60.

Scanned with OKEN Scanner

greşit să spunem că pe baza teoriei statistice se pot emite despre procesele individuale judecăţi exclusiv probabilistice. Aici trebuie să abordăm analiza fiecărui caz concret într-un mod strict individual, ţinînd seama de natura statisticii care stă la baza lui. În cazul mecanicii statistice clasice, avem de-a face cu judecăţi probabilistice referitoare la coordonatele şi impulsurile particulelor, pe cînd referitor la alte proprietăţi, de exemplu masa, judecăţile probabilistice sînt excluse. Analog, în mecanica cuantică sînt excluse judecăţile probabilistice referitoare la valorile stărilor energetice discrete ale sistemelor studiate.

Problema aplicabilităţii mecanicii cuantice (a funcţiei de undă) la un ansamblu de microparticule sau la o particulă individuală nu este principala problemă care alimentează discuţia dintre V. A. Fok şi D. I. Blohinţev. Problema fundamentală tratată în discuţie, dar de la a cărei analiză se eschivează mulţi, este problema cauzelor, a motivelor intervenţiei statisticii şi probabilităţii în mecanica cuantică. După cum am văzut, în prezent există, după concepţia noastră, două răspunsuri la această întrebare:

a) probabilitatea în mecanica cuantică este o consecinţă a necontrolabilităţii procesului de interacţiune a microobiectului cu macroobiectul;

b) intervenţia probabilităţii în teorie este determinată de faptul că la baza mecanicii cuantice, ca şi în cazul teoriilor statistice ale fizicii clasice, se află proprietăţile unor ansamble stabile de obiecte materiale posedînd o distribuţie de parametri „ascunşi".

Aceste două puncte de vedere sînt destul de răspîndite în ştiinţă şi între ele se dă lupta. Discuţia dintre D. I. Blohinţev şi V. A. Fok este o anumită reflectare a acestei lupte, ceea ce va deveni deosebit de clar celui ce-şi va aminti de discuţia care a avut loc pe la jumătatea deceniului al patrulea între V. A. Fok şi V. A. Nikolski, în legătură cu problemele filozofice ale mecanicii cuantice. Urmîndu-l pe K. V. Nikolski, D. I. Blohinţev a emis şi a dezvoltat aşa-numita concepţie a ansamblelor cuantice. Întregul sens al apariţiei şi al existenţei acestei concepţii constă în afirmaţia că statistica mecanicii cuantice trebuie întemeiată pe recunoaşterea existenţei în domeniul cuantic a unor ansamble stabile, denumite aici ansamble cuantice. V. A. Fok a luat poziţie împotriva concepţiei ansamblelor cuantice încă la apariţia ei. După cum am văzut, în prezent, ca urmare a criticilor exprimate de mai mulţi fizicieni şi filozofi sovietici, el a criticat afirmaţiile privitoare

Scanned with OKEN Scanner

la existența necontrolabilității în domeniul cuantic, dar răspunsul său în problema cauzei intervenției statisticii și probabilității în mecanica cuantică este insuficient de clar, după părerea noastră. În această ordine de idei, prezintă interes următoarele. Ocupîndu-se de problema interpretării mecanicii cuantice, V. A. Fok folosește ideea de colectiv statistic. El dă următoarea definiție noțiunii de colectiv statistic: „Dacă există o probabilitate determinată pentru apariția unor elemente cu fiecare caracteristică dată, atunci respectiva serie de elemente constituie un colectiv statistic. Existența unei anumite probabilități reprezintă o ipoteză care se introduce fie apriori (în condițiile unei considerări pur matematice), fie pe baza constanței condițiilor exterioare, în care se produce realizarea fizică a seriei respective de elemente". Într-o notă la subsol, V. A. Fok adaugă: „După cum se știe, încercarea de a defini probabilitatea prin frecvență (Mises) nu este ireproșabilă sub raport logic și filozofic. De aceea, presupunem probabilitatea definită într-un mod independent"[45].

Desigur, probabilitatea a intrat ipotetic în mecanica cuantică, iar distribuțiile de probabilități nu se definesc în ea pe baza unui material statistic de masă. Observăm o stare de lucruri analogă și în fizica statistică clasică. Ne-am ocupat de aceste probleme atunci cînd am analizat fundamentele teoriei probabilităților. Iar atunci cînd V. A. Fok vorbește despre *modalitățile de a defini* probabilitățile în mecanica cuantică, nu se pot ridica obiecții. Dar aici nu există o *definiție a probabilității*. V. A. Fok este de părere că această definiție a probabilității este dată într-un mod independent, dar în ce mod anume rămîne o problemă deschisă. De aceea, definiția dată de V. A. Fok colectivului statistic pe baza probabilității nu rezolvă problema justificării caracterului statistic al legilor mecanicii cuantice, ci mută doar aceste dificultăți de la noțiunea de statistică la cea de probabilitate. Această poziție a lui V. A. Fok a și făcut în mare măsură ca, în discuțiile care au urmat în loc să fie vorba despre problema *motivelor* intervenției metodelor statistice în mecanica cuantică, să se vorbească adesea despre *aplicabilitatea* acestor metode în studiul proceselor cuantice individuale. Aceasta explică și faptul că discuția a durat atît de mult. Într-un articol recent, consacrat problemelor filozofice ale mecanicii cuantice, V. A. Fok și-a dezvoltat oarecum concep-

[45] V. A. Fok, *Despre așa-numitele ansamble în mecanica cuantică*, în „Probleme de filozofie", nr. 4, 1952.

Scanned with OKEN Scanner

ţia asupra probabilităţii. „Probabilitatea unei anumite comportări a unui obiect în condiţii exterioare — scrie el — este determinată de proprietăţile interne ale respectivului obiect individual şi de condiţiile exterioare respective; aceasta este evaluarea numerică a posibilităţilor potenţiale ale unei anumite comportări a obiectului. Această probabilitate se manifestă în numărul relativ de cazuri realizate din comportarea dată a obiectului; acest număr este tocmai măsura ei. Aşadar, probabilitatea se referă la un obiect individual şi caracterizează posibilităţile sale potenţiale; totodată, pentru determinarea valorii ei numerice avem nevoie de statistica realizării acestor posibilităţi, adică de o repetare multiplă a experimentului. De aici reiese clar că, caracterul probabilist al teoriei nu o împiedică să se refere la un singur obiect. Aceasta este valabil şi pentru mecanica cuantică“[46].

Sensul fundamental al acestei definiţii a probabilităţii constă în faptul că probabilitatea este o caracteristică obiectivă a comportării unui obiect fizic individual, lucru cu care vor fi de acord şi reprezentanţii concepţiilor ansamblelor cuantice. Însă această definiţie a probabilităţii nu dă totuşi un răspuns univoc la problema cauzelor intervenţiei ei în teoria cuantică. Dacă probabilitatea caracterizează „posibilităţile potenţiale“ ale comportării microobiectului, determinate de „proprietăţile interne ale respectivului obiect individual“ şi de „condiţiile exterioare“, ce înseamnă aceasta? Se poate trage oare de aici concluzia că microobiectul poseda o lege dinamică, dar deosebirea din „proprietăţile interne“, aparţinînd stărilor sale iniţiale (existenţa parametrilor „ascunşi“), sau existenţa unei serii de interacţiuni cu un proces dinamic dat, conduc la distribuţiile de probabilităţi pe care le observăm? Sau „proprietăţile interne“ ale respectivului obiect individual sînt de aşa natură încît în „condiţiile exterioare“ el posedă „libertatea“ de a-şi alege „comportarea viitoare“? Cu alte cuvinte, este oare aplicabilă sau nu, la mecanica cuantică, interpretarea considerată mai sus (§ 3—4) a probabilităţii? Ajungem oare la parametri „ascunşi“ sau revenim la necontrolabilitate? Pentru a folosi cuvintele lui A. I. Hincin, recunoaştem legitimă problema justificării stabilităţii frecvenţelor şi a calculului teoretic al probabilităţii, sau respingem aceste probleme ca fiind fără rost?

---

[46] V. A. Fok, *Ob interpretaţii kvantovoi mehaniki*, în „Filozofskie voprosî sovremennoi fiziki“, Izd-vo AN SSSR, M., 1959, p. 172.

Scanned with OKEN Scanner

Dezvoltarea consecventă a concepției bazate pe interpretarea de mai sus a teoriei probabilităților conduce la recunoașterea unei legi dinamice în procesele cuanticii individuale, la existența parametrilor „ascunși", la recunoașterea legitimității problemei fundării stabilității frecvențelor și a calculului teoretic al probabilității. În schimb, formulările adepților punctului de vedere al lui V. A. Fok nu conduc la un răspuns univoc și clar în aceste chestiuni; de unde rezultă că continuarea discuției este inevitabilă.

În fizica de astăzi, problema cauzalității este discutată cu deosebită înverșunare în legătură cu analiza naturii legilor statistice. Deși metodele de cercetare statistice constituie una dintre metodele principale ale cercetărilor teoretice în fizica modernă, în problema fundării statisticii există păreri foarte diferite în rîndurile oamenilor de știință. În străinătate, legile statistice sînt destul de des calificate ca fiind indeterministe, deci ca legi în care este încălcat principiul cauzalității. Dar, analiza de mai sus a naturii legilor statistice dovedește inconsistența acestor afirmații. Legile statistice, tocmai în calitatea lor de legi, exprimă conexiuni necesare din ansamble de o clasă determinată, în care există o distribuție stabilă a frecvențelor evenimentelor. Aceste relații necesare sînt exprimate în teoriile statistice cu ajutorul funcțiilor de distribuție și al frecvențelor relative. Pe baza legilor statistice, cunoscînd condițiile exterioare, putem determina în mod perfect univoc relațiile genetice necesare dintre stările sistemelor statistice. Aceasta înseamnă că legile statistice înglobează și condițiile principiului cauzalității, deci ele nu pot fi apreciate ca indeterministe.

Totodată, trebuie să recunoaștem că atunci cînd vorbim despre principiile cauzalității și ale determinismului în relația lor cu legile statistice, ne referim de obicei la cu totul altceva, anume la problema interdependenței legilor statistice și legilor dinamice ale unor obiecte individuale care formează ansamblele statistice studiate. Aici se pune accentul îndeosebi pe situația din mecanica cuantică. Și în toate acestea există efectiv probleme serioase. Pe baza legilor statistice nu se poate determina riguros comportarea oricărui obiect individual dintr-un ansamblu statistic, adică nu se pot determina legile dinamice ale acestor obiecte. Legile statistice reflectă probabilistic comportarea unor obiecte individuale, ceea ce cuprinde implicit neunivocul. Astfel, în experiențele de difracție

Scanned with OKEN Scanner

a unor microparticule, legile statistice ale mecanicii cuantice nu ne permit să stabilim în ce punct al ecranului va nimeri cutare sau cutare obiect cuantic; mecanica cuantică ne dă numai cunoașterea probabilității ca microparticula să ajungă într-un anumit punct al ecranului. De aici se pune întrebarea: putem oare defini în principiu, teoretic, locul în care un microobiect individual va nimeri pe ecran sau nu? Într-o formă mai generală, aceasta nu este decît problema dacă obiectele individuale din componența unui ansamblu statistic au sau nu legi dinamice diferite de cele probabilistice.

Afirmațiile despre indeterminismul legilor statistice constituie o anumită motivare a acestor legi, în care se respinge de la bun început pînă și posibilitatea existenței unor legi dinamice ale obiectelor studiate prin metode statistice. Lovindu-se în experimente de neunivocitatea predicțiilor statistice referitoare la evenimentele individuale, reprezentanții indeterminismului ajung la o absolutizare a acestei neunivocități, fără a încerca să pună problema determinării cauzale a divergențelor din rezultatele evenimentelor individuale, respectiv problema determinării cauzale a rezultatului unui proces individual. Neunivocitatea care apare în interacțiunile microobiectelor cu aparatul este atribuită, în aceste cazuri, „libertății de alegere" a microobiectului. În interpretarea de la Copenhaga a mecanicii cuantice, renunțarea la analiza cauzală a evenimentelor probabilistice individuale și absolutizarea neunivocității predicțiilor probabilistice se realizează sub forma unor idei despre necontrolabilitatea principială a interacțiunilor microobiectelor cu macrocorpurile și aparatele. Reprezentanții acestei interpretări a mecanicii cuantice raționează cam astfel: experimentele care constituie baza empirică a mecanicii cuantice reflectă neunivoc comportarea obiectelor cuantice individuale, prin urmare în construcțiile teoretice trebuie să plecăm de la recunoașterea acestei neunivocități ca fapt empiric, iar toate încercările de a explica, de a înțelege cauzele pentru care are loc această neunivocitate se situează în afara științei pozitive.

Dar analiza făcută în acest capitol relațiilor dintre legile dinamice și cele statistice pledează cît se poate de clar în favoarea recunoașterii existenței unor legi dinamice ale microobiectelor individuale, care formează ansamblele statistice. Aceasta rezultă din analiza naturii legilor statistice, în primul rînd din analiza noțiunii de probabilitate care stă la baza teoriilor statistice. De asemenea, trebuie să mai subliniem

Scanned with OKEN Scanner

încă o dată că cercetarea problemei relațiilor dintre legile dinamice și cele statistice arată specificul calitativ incontestabil al legilor statistice, adică ireductibilitatea lor la orice alte legi.

În lumina celor de mai sus sînt inconsistente afirmațiile despre indeterminismul legilor statistice, ceea ce reiese și din analiza relațiilor cu legile dinamice.

Cercetarea acestei probleme dezvăluie și cauza afirmațiilor despre indeterminismul legilor statistice. Cauza aceasta este filozofia, care consideră că sarcina științei, a oricărei teorii științifice, inclusiv sarcina teoriilor statistice, constă în simpla punere de acord a unor date experimentale cu altele, fără nici un fel de încercări de a dezvălui fundamentul material al acestor date. Această filozofie este pozitivismul, și tocmai inconsistența pozitivismului explică inconsistența afirmațiilor despre indeterminismul legilor statistice.

Filozofia pozitivistă ne abate de la analiza profundă a naturii legilor statistice. În opoziție cu ea, această analiză a fost inițiată numai de savanții care se bazează pe filozofia materialismului dialectic. Analiza multilaterală a noțiunii de probabilitate a devenit posibilă numai de pe pozițiile materialismului și determinismului. Pe de altă parte, numai aceasta permite să se înțeleagă profund natura legilor statistice. Soluția problemei relației dintre legile statistice și cele dinamice în fizică, la care a ajuns știința astăzi și care a fost expusă în acest capitol, se datorește tocmai filozofiei materialiste. Determinismul materialist-dialectic, care explică natura legilor statistice, ne dă posibilitatea de a înțelege și problemele noi ale științei, pe care le pune dezvoltarea fizicii.

Scanned with OKEN Scanner

VI. Mecanică cuantică și cauzalitatea

Perioada dezvoltării științei de la începutul secolului al XVII-lea pînă la jumătatea secolului al XIX-lea a fost perioada dezvoltării impetuoase a mecanicii lui Galilei și Newton, perioada aplicării cu succes a ideilor ei la rezolvarea unei serii de probleme nemecanice prin natura lor. Acest triumf strălucit al legilor și al principiilor mecanicii clasice a făcut să apară în rîndurile savanților timpului iluzia că toate fenomenele naturii ar putea fi explicate cu ajutorul noțiunilor și al legilor mecanicii. La jumătatea secolului trecut, Helmholtz a formulat clar și distinct un program de explicare a tuturor fenomenelor naturii cu ajutorul legilor mecanicii: „Considerăm că sarcina fizicii constă, în ultimă instanță, în a reduce fenomenele fizice la forțe de atracție sau de repulsie invariabile, a căror mărime să depindă în întregime de distanță. Rezolubilitatea acestei probleme este condiția înțelegerii depline a naturii“[1].

1. Determinismul mecanic

Dezvoltarea fizicii în secolele al XVIII-lea și al XIX-lea a avut loc, în esență, sub semnul reducerii întregii varietăți a fenomenelor naturii la simpla deplasare mecanică a unor obiecte identice cu sine, ca punctul material și corpul absolut rigid. Punctul material și corpul absolut rigid sînt considerate în mecanica clasică drept entități calitativ invariabile, în stare să-și schimbe viteza de mișcare mecanică și poziția în spațiu. Se presupune că starea obiectelor mecanice este definită univoc și complet prin poziția lor în spațiu (coordonate) și prin componentele corespunzătoare ale vitezelor. Mecanica clasică determină starea unui punct material dînd coordonatele sale și vitezele corespunzătoare (în total 6 parametri). Starea unui corp absolut rigid este definită prin coordonatele centrului său

[1] H. Helmholtz, *Über die Erhaltung der Kraft*, Berlin, 1847, p. 46.

Scanned with OKEN Scanner

de greutate, unghiurile lui Euler și vitezele corespunzătoare (în total 12 parametri)[2]. Această soluție a problemei, în care starea obiectelor mecanice este reflectată exhaustiv printr-un număr finit de mărimi, este o abstracție, care redă aproximativ ceea ce are loc în lumea reală. Desigur, în fiecare obiect mecanic are loc un ansamblu complicat de procese interioare calitativ variate: mișcarea moleculelor, a atomilor, a particulelor „elementare" etc. pentru a căror reflectare este nevoie de o infinitate de parametri. De aceea, reflectarea stării unui sistem mecanic real cu ajutorul unui număr finit de parametri este incompletă. Însă pentru a reda legile mișcării mecanice a macrocorpurilor, procesele care au loc în interiorul lor sînt neesențiale și putem face abstracție de ele. Aceasta ne dă posibilitatea ca, la nivelul proceselor materiale mecanice, să caracterizăm starea obiectelor cu ajutorul unui număr finit de mărimi.

Una dintre principalele pietre de hotar care stau la baza reprezentărilor mecanice asupra lumii a fost ipoteza că toate corpurile naturii sînt inerte și imobile. Legea inerției, care, după cum am văzut în capitolul II, exprimă în esență ideea indestructibilității mișcării, a fost interpretată ca o dovadă că mișcarea este inertă. Acestei reprezentări asupra corpurilor și asupra mișcării lor i-a corespuns concepția asupra relației cauzale ca acțiune mecanică exterioară a unui corp asupra altuia.

Newton a arătat că relația cauzală mecanică poate fi prezentată sub formă de relație funcțională matematică, care leagă mărimea forței (cauza) de mărimea ce caracterizează mișcarea determinată de ea (efectul). După cum se știe, Newton a stabilit că produsul dintre masa unui corp (masa fiind constantă) și accelerație este egal cu forța care acționează asupra lui. Pentru a afla mișcarea unui corp pe traiectorie, adică pentru a afla viteza și coordonatele sale ca funcție de timp, trebuie să integrăm ecuația diferențială corespunzătoare de ordinul al doilea, iar constantele de integrare să le determinăm după condițiile inițiale (după valoarea coordonatelor și a vitezei corpului la momentul inițial). Cunoscînd forța care acționează asupra corpului în tot timpul mișcării, precum și coordonatele și viteza sa la un moment dat, putem determina coordonatele și viteza corpului la orice moment viitor. Așadar,

---

[2] Vezi N. A. Buhgolț, *Osnovnoi kurs teoreticeskoi mehaniki*, partea I, Gostehizdat, M.—L., 1938, pp. 70—71.

Scanned with OKEN Scanner

forma matematică de reflectare a conexiunii cauzale mecanice ne permite să determinăm univoc starea de mişcare mecanică a unui corp (a unor corpuri) în viitor, cînd cunoaştem starea acestei mişcări la un moment dat, precum şi toate forţele care acţionează asupra corpului în tot timpul mişcării sale.

O dată cu dezvoltarea mecanicii newtoniene, cu pătrunderea tot mai largă a metodelor analizei matematice în ea, cu complicarea aparatului ei matematic prin aplicarea metodelor variaţionale, concepţia newtoniană asupra cauzalităţii ca legătură între forţă şi acceleraţia mişcării mecanice a corpului, determinată de ea, a fost modificată treptat, ajungînd pînă la urmă să fie identificată cu posibilitatea de a determina univoc starea viitoare a unui sistem mecanic, după forţele şi starea iniţială cunoscute. În mecanica analitică s-a stabilit următoarea înţelegere a cauzalităţii. În sistemele mecanice izolate, din stări iniţiale identice rezultă întotdeauna acelaşi şir de stări ulterioare, deci după starea iniţială a unui sistem izolat, caracterizat prin coordonate şi prin viteze corespunzătoare, putem determina întotdeauna întreaga lui istorie ulterioară. Aşadar, pentru un sistem mecanic izolat există o corespondenţă univocă între starea sa la un moment dat şi starea sa la orice moment al timpului. Această concepţie a cauzalităţii a fost adoptată în lucrările creatorilor mecanicii analitice, G. Lagrange, P. Laplace, R. Hamilton, M. Ostrogradski, C. Jacobi etc.

Strălucite succese ale mecanicii analitice la stabilirea mişcării corpurilor cereşti, care s-au manifestat îndeosebi cu prilejul descoperirii planetei Neptun, au determinat o şi mai mare întărire a concepţiei de cauzalitate din mecanica analitică. Făcea impresia că *toate* fenomenele din lumea reală pot fi explicate pe baza reprezentărilor asupra mişcării mecanice a unui punct material, definit univoc de starea sa iniţială.

Ideea că tot ce ne înconjură în lume se supune aceluiaşi tip de conexiuni cauzale cu care avem de-a face în mecanica clasică a fost numită determinism mecanic.

Dar, încercările de a extinde noţiunile şi reprezentările mecanicii clasice la întreaga natură, la toate procesele materiale, nu pot să ducă la succes. Dezvoltarea ulterioară a fizicii a pus în evidenţă fenomene care nu se încadrau în mecanica clasică şi în determinismul mecanic stabilit de ea.

Scanned with OKEN Scanner

2. Crearea mecanicii cuantice și criza determinismului mecanic

Să analizăm principalele descoperiri ale fizicii care au dovedit limitarea concepției determinismului mecanic.

Încă pe la mijlocul secolului al XIX-lea, studiul fenomenelor electromagnetice a arătat mărginirea tabloului mecanic al lumii. Toate încercările de a reduce fenomenele electromagnetice la acțiunea mecanică a unor corpuri asupra altora au rămas fără rezultat. Cercetarea proceselor ce au loc în cîmpul electromagnetic au arătat că fenomenele care se produc aici sînt determinate de cauze ireductibile la acțiunea mecanică a unui corp asupra altuia.

Starea cîmplui electromagnetic este caracterizată prin intensitatea cîmpului electric și a celui magnetic. Ecuațiile lui J. C. Maxwell, care descriu variația cîmpului electromagnetic, ne permit, cînd cunoaștem starea cîmpului la un anumit moment, să aflăm starea acestui cîmp la orice alt moment. Variația cîmpului electromagnetic are loc în așa fel încît starea cîmpului la momentul t trece într-o nouă stare, corespunzătoare momentului $t + \Delta t$. Așadar, între două stări vecine ale cîmpului electromagnetic există o legătură asemănătoare cu cea dintre două stări vecine ale unui sistem mecanic izolat.

Există însă o deosebire esențială în ceea ce privește legătura dintre stările sistemului mecanic și ale cîmpului electromagnetic. În primul rînd, starea cîmpului electromagnetic este caracterizată de mărimi nemecanice, din care cauză imaginea punctului material din mecanica clasică, care se mișcă pe o traiectorie determinată, este inaplicabilă cîmpului magnetic. În al doilea rînd, dacă la baza concepției determinismului mecanic stă „principiul acțiunii la distanță", teoria lui Maxwell, care exprimă legătura dintre stările cîmpului electromagnetic, se bazează pe „principiul acțiunii din aproape în aproape". Conform principiului acțiunii la distanță se considera că fiecare acțiune exercitată de un corp asupra altuia se propagă instantaneu, indiferent de distanța dintre ele și trecînd peste mediul dintre ele. Potrivit acestui punct de vedere, se admitea că un fenomen poate avea drept cauză orice corp, oricît de îndepărtat de el, această cauză generînd efectul corespunzător la același moment cu fenomenul respectiv.

Scanned with OKEN Scanner

În opoziţie cu principiul acţiunii la distanţă, principiul acţiunii din aproape în aproape afirmă că toate evenimentele dintr-un anumit loc şi de la un anumit moment sînt complet determinate de ceea ce s-a întîmplat în punctele vecine ale spaţiului la un moment precedent. În transmiterea acţiunii de la un corp la altul, participarea mediului material dintre ele este obligatorie.

Adevărul principiului acţiunii din aproape în aproape şi realitatea cîmpului electromagnetic sînt confirmate de întreaga dezvoltare a fizicii. Teoria cîmpului electromagnetic a lui Maxwell a dezvăluit natura electromagnetică a luminii şi a prevăzut posibilitatea de a obţine pe cale artificială unde electromagnetice. După experimentele lui Hertz, în care au fost puse în evidenţă unde electromagnetice şi s-a arătat că ele au toate proprietăţile luminii, teoria cîmpului electromagnetic a fost recunoscută de majoritatea covîrşitoare a fizicienilor. Aici au jucat un rol important şi experimentele lui P. M. Lebedev din domeniul măsurării presiunii radiante.

Inventarea radioului de către A. S. Popov este şi ea unul dintre marile triumfuri ale teoriei cîmpului electromagnetic. Crearea cîmpului electromagnetic al lui Maxwell a condus la o lărgire a noţiunilor de stare şi de cauzalitate.

În fizică a devenit cunoscută o nouă formă de obiecte materiale, a căror stare este reflectată de mărimi nemecanice, anume de intensităţile cîmpului electric şi magnetic. În conformitate cu aceasta, determinismul s-a extins şi a început să fie conceput ca expresie a unei legături între stările unui sistem fizic, în care stării de la momentul t îi corespunde o stare de la momentul $t + \Delta t$, şi numai una. Această din urmă formă a cauzalităţii este cunoscută în fizică sub denumirea de determinism clasic. Deşi, după cum am mai sous, relaţiile cauzale din teoria cîmpului electromagnetic diferă esenţial de relaţiile cauzale ale mecanicii clasice, o anumită asemănare în forma de exprimare a relaţiilor cauzale din aceste teorii a constituit o bază pentru identificarea lor. Succesele teoriei cîmpului electromagnetic al lui Maxwell, ale cărui concluzii au fost toate confirmate strălucit de experiment, au făcut ca teoria lui Maxwell să fie considerată, alături de mecanica lui Newton, drept tablou exhaustiv al fenomenelor fizice.

Spre sfîrşitul secolului al XIX-lea s-a format în rîndurile oamenilor de ştiinţă ideea că ar fi reuşit să creeze un tablou atotcuprinzător al lumii. Pe viitor, sarcina consta în a preciza

detaliile particulare ale acestui tablou, fără a-l modifica în ansamblu. Dar, încă la sfîrșitul secolului al XIX-lea și la începutul secolului al XX-lea, au fost descoperite fapte în flagrantă contradicție cu reprezentările fizicienilor de atunci asupra lumii. Descoperirea radioactivității, a electronului, a ansamblului de fapte referitoare la legile propagării luminii în medii mobile (experimentul lui Michelson) nu au putut fi explicate în cadrul noțiunilor fizicii clasice.

Dezvoltarea ulterioară a fizicii, studiul structurii atomului au dezvăluit insuficiența noțiunilor și a legilor fizicii clasice pentru explicarea proceselor din interiorul atomului.

Au fost puse în evidență două grupuri de fapte experimentale care contraziceau principiile fizicii clasice:

1) Energia internă a atomului la emisia și la absorbția luminii nu variază continuu, cum prevedea fizica clasică, ci discret, în salt.

2) Un fascicul de electroni care trec printr-o rețea cristalină prezintă capacitatea de a interfera la fel cu undele luminoase.

Cercetările au arătat că atomul nu poate exista în stări cu orice valoare a energiei, ci numai în anumite stări energetice discrete, bine determinate. Aceste stări diferă pentru diversele elemente fizice, dar sînt identice pentru toți atomii aceluiași element. Trecerea de la starea energetică E_1 în starea E_2 este o tranziție legată de emisie (dacă $E_1 > E_2$) sau de absorbție de lumină (dacă $E_1 < E_2$), a cărei frecvență este dată de relația $E_1 - E_2 = h\nu$, unde h este constanta lui Planck, egală cu $6{,}6 \cdot 10^{-27}$ erg. sec.

Alte fapte care nu se încadrau în reprezentările clasice erau datele numeroaselor experimente de interferență a unor particule atomice. Experimentele arată că, în condiții anumite, aceste particule atomice se pot comporta ca formațiuni continue, ca unde.

Se știe că undele luminoase, cînd trec printr-o rețea regulată sau cînd se reflectă pe ea, interferă și dau naștere unei imagini de difracție. Această proprietate a luminii a fost folosită pentru a demonstra natura ondulatorie a razelor Roentgen. În acest scop se folosesc ca rețea atomii dispuși regulat într-un cristal.

Trecînd prin rețeaua cristalului, razele Roentgen cad pe un ecran pe care se observă o imagine de difracție caracteristică, constînd dintr-o serie de inele concentrice, după dispoziția cărora putem determina lungimea de undă a razei Roentgen. Astfel de experimente s-au efectuat și cu un fascicul de

Scanned with OKEN Scanner

electroni şi s-a constatat că se obţine un tablou asemănător cu imaginea de difracţie a razelor Roentgen. Aceste experimente arată că electronii au proprietăţi ondulatorii. Pentru a obţine aceeaşi imagine de difracţie ca şi a razelor Roentgen este necesar ca fiecare electron să fie difuzat de toţi atomii reţelei. De aici rezultă că electronul nu poate fi identificat cu o mică sferă şi că noţiunea de mişcare mecanică pe o traiectorie a unui punct material, din mecanica clasică, îi este inaplicabilă.

Pe de altă parte, există o serie de fapte experimentale care arată că, în unele condiţii, microparticulele se comportă asemenea corpusculilor. De exemplu, trecînd printr-o cameră cu vapori de apă suprasaturaţi, electronii formează urme din vapori condensaţi. Fiecare urmă formată de picăturile de apă reprezintă traiectoria unui electron. Acest experiment demonstrează că, în anumite condiţii, electronul se poate comporta ca o particulă mică, cu mişcare rapidă.

Aşadar, electronul (orice microparticulă) nu este nici undă, nici corpuscul. Electronul este o unitate profundă, intimă, de corpusculi şi de undă de continuu şi de discret.

Mecanica cuantică, în forma ei actuală, este teoria fizică a microfenomenelor care îmbrăţişează o vastă sferă de procese fizice, inclusiv cele pe care fizica clasică nu era în stare să le explice. În acelaşi timp, mecanica cuantică este o generalizare mai cuprinzătoare decît fizica clasică, pe care o conţine ca pe un caz particular.

Mecanica cuantică a reconsiderat noţiunea de stare din mecanica clasică şi a dezvăluit inaplicabilitatea noţiunii mecanice de cauzalitate în descrierea conexiunilor cauzale din microprocese.

Determinismul mecanic permite ca, după valoarea coordonatelor şi a vitezei unui punct material la un moment dat, să cunoaştem coordonatele şi viteza punctului la orice moment viitor. Dimpotrivă, pentru microparticule, după cum arată datele fizicii cuantice, nu există stări în care ambele mărimi — coordonata şi viteza — să poată avea simultan o valoare determinată. Dar dacă este imposibil să definim simultan coordonatele şi vitezele microparticulelor, este imposibil să exprimăm conexiunile cauzale ale microproceselor cu ajutorul noţiunilor determinismului mecanic. Cadrul determinismului mecanic se dovedeşte prea îngust pentru a reflecta legile fenomenelor la scara atomică. Apare o contradicţie între concepţia determinismului mecanic şi datele mecanicii cuantice.

Scanned with OKEN Scanner

Sînt posibile două ipoteze pentru rezolvarea acestei contradicții.

Prima. Să recunoaștem că unica noțiune de cauzalitate cu care poate opera fizica este cea de determinism mecanic, iar în acest caz trebuie să considerăm că noțiunea de cauzalitate este inaplicabilă proceselor atomice.

A doua. Să recunoaștem mărginirea determinismului mecanic și necesitatea de a lărgi astfel noțiunea de cauzalitate, încît ea să cuprindă noțiunea mecanică de cauzalitate ca pe un caz particular.

Dacă adoptăm prima cale, adică înțelegem cauzalitatea numai ca determinism mecanic, trebuie să admitem că în domeniul microproceselor domnește indeterminismul, deoarece noțiunea de stare mecanică este inaplicabilă microparticulelor. Această cale pentru rezolvarea contradicției dintre determinismul mecanic și mecanica cuantică a fost aleasă de N. Bohr, W. Heisenberg și de alți cîțiva fizicieni de peste hotare.

Dar această cale a rezolvării contradicției dintre concepția determinismului mecanic și noile fapte ale fizicii cuantice contrazice tendința progresivă de dezvoltare a cunoașterii umane. După cum s-a mai arătat în primul capitol, dezvoltarea cunoașterii umane are loc în așa fel, încît noțiunile științifice, în accepția lor inițială, devin treptat înguste și incomplete. Știința adîncește și lărgește aceste noțiuni, asa încît ele să îmbrățișeze toate faptele vechi și noi, cu care prilej are loc o extindere a sferei noțiunilor și o îmbogățire a conținutului lor. Bineînțeles, știința renunță la unele noțiuni care exprimă reprezentări greșite (cum au fost noțiunile de flogistic, termogen etc.).

Dezvoltarea noțiunii de număr ilustrează în mod clar legea dezvoltării noțiunilor științifice. La început, noțiunea de număr cuprindea numai mulțimea numerelor întregi. Dar, grecii au lărgit noțiunea de număr, introducînd raportul între numere întregi 2 : 3, 4 : 5 etc. Aceasta a fost o lărgire a noțiunii de număr și totodată o îmbogățire a conținutului ei. Apoi, grecii au făcut importanta descoperire că diagonala pătratului de latură egală cu 1, adică ($\sqrt{2}$) nu este, după concepțiile lor, un număr.

Ulterior, s-a procedat la generalizarea corespunzătoare a noțiunii de număr, încît să cuprindă și numerele de tipul lui $\sqrt{2}$, pe care le numim iraționale. Aceasta a dat un impuls pentru dezvoltarea întregii matematici. Au urmat apoi alte

Scanned with OKEN Scanner

generalizări în introducerea numerelor algebrice, transcendente, complexe. Cu ajutorul acestora din urmă nu putem număra obiectele, dar ele au proprietăţi profunde esenţiale, comune cu ale numerelor întregi, care reprezintă un caz particular al noţiunii de număr.

Ce rol a jucat generalizarea noţiunii de număr se vede şi din faptul că fără această generalizare nu ar exista matematica actuală. Fără astfel de generalizări sînt de neconceput şi alte ştiinţe ; de exemplu, în fizică, sunetul a fost definit iniţial ca ceea ce auzim, iar lumina ca ceea ce vedem ; astăzi însă se vorbeşte în fizică despre sunete imperceptibile (ultrasunet) şi despre lumină invizibilă (razele ultraviolete şi infraroşii). În conformitate cu datele fizicii moderne, toate fenomenele sonore au elementul comun de a fi oscilaţii elastice care se propagă sub forma unui proces ondulatoriu în gaze, în lichide şi în solide, indiferent dacă sînt sau nu capabile să provoace la om o senzaţie auditivă. Fizica modernă a generalizat noţiunea de lumină, subînţelegînd prin ea un ansamblu de fenomene obiective avînd aceeaşi natură, indiferent dacă ele sînt sau nu capabile să determine la om senzaţii vizuale.

Această generalizare a noţiunilor de sunet şi de lumină s-a dovedit extrem de fecundă pentru cercetarea fenomenelor acustice şi optice. Se poate afirma dar că fenomenul de lărgire, de generalizare a proceselor ştiinţifice este un fenomen progresist. Din acest punct de vedere ar fi pe deplin justificată rezolvarea contradicţiei dintre noţiunea mecanică de cauzalitate şi noile fapte ale teoriei cuantice prin modificarea, prin lărgirea noţiunii de cauzalitate, în aşa fel încît ea să îmbrăţişeze pe lîngă faptele vechi şi pe toate cele noi. Propriu-zis, un astfel de proces de lărgire a noţiunii de cauzalitate a mai avut loc în istoria fizicii. Am văzut mai sus că noţiunea de cauzalitate a fost menţinută în electrodinamica lui Maxwell prin lărgirea ei în aşa fel încît să îmbrăţişeze legătura univocă dintre starea unor obiecte oarecare, nu numai legătura dintre stările sistemelor mecanice. Mecanica cuantică dezvăluie noi fapte care cer o nouă generalizare şi dezvoltare a noţiunii de cauzalitate cu care operează fizica actuală. În interesul dezvoltării fizicii trebuie să alegem a doua cale de rezolvare a contradicţiilor dintre concepţia determinismului mecanic şi datele fizicii atomice, adică să introducem în fizică o noţiune de cauzalitate care să fie aplicabilă tuturor proceselor reale.

Scanned with OKEN Scanner

Oportunitatea şi fecunditatea acestei căi sînt recunoscute nu numai de fizicienii sovietici, ci şi de fizicieni din alte ţări. Astfel, cunoscutul fizician M. Born, unul dintre întemeietorii mecanicii cuantice, scrie: „Concepţia determinist-mecanică a generat o filozofie care a închis ochii în faţa unor fapte empirice evidente. Dar o filozofie care neagă nu numai determinismul, ci şi cauzalitatea, mi se pare la fel de absurdă. Cred că există o definiţie raţională a relaţiei dintre cauză şi efect, care constă în faptul că o situaţie determinată depinde de o alta"[3]. M. Born îşi dă seama de limitarea şi de îngustimea determinismului mecanicist şi luptă pentru introducerea în fizică a unei noţiuni de cauzalitate care să corespundă şi tuturor datelor experimentale ale ştiinţelor moderne. El caută, încearcă să creeze o astfel de noţiune a cauzalităţii. Dar ea nu trebuie creată. Ea există de pe acum, a fost creată în materialismul dialectic pe baza generalizării întregii sume a datelor ştiinţelor şi a activităţii practice de producţie a omenirii.

Noţiunea materialist-dialectică de cauzalitate cuprinde, între altele, recunoaşterea :

1) obiectivităţii conexiunilor cauzale, adică existenţa lor în afară şi independent de conştiinţa noastră a caracterului lor primar în raport cu reprezentările noastre despre ele ;

2) multiplicităţii de forme ale conexiunilor cauzale, ireductibile una la alta şi, în particular, la forma mecanică ;

3) cognoscibilităţii conexiunilor cauzale şi a varietăţii formelor lor de reflectare.

Numai de pe poziţiile materialismului dialectic, care recunoaşte obiectivitatea, varietatea calitativă şi cognoscibilitatea conexiunilor cauzale, pot fi depăşite dificultăţile legate de problema cauzalităţii în mecanica cuantică. Totodată, mecanica cuantică oferă un bogat material pentru concretizarea şi dezvoltarea mai departe a teoriei materialist-dialectice despre cauzalitate.

Numeroşi fizicieni din ţările capitaliste, care nu cunosc sau ignorează din diverse motive materialismul dialectic, aleg prima cale de rezolvare a contradicţiilor dintre determinismul clasic şi mecanica cuantică. Ei interpretează în mod nejustificat criza determinismului mecanic ca fiind o criză a principiului materialist al cauzalităţii.

---

[3] M. Born, *Physik und Metaphysik*, în „Naturwissenschaftliche Rundschau", nr. 9, 1955, p. 297.

Scanned with OKEN Scanner

3. Critica încercărilor de a folosi relaţia de nedeterminare pentru a renunţa la cauzalitate

Numeroşi fizicieni de peste hotare, printre care şi unii ce au participat activ la dezvoltarea teoriei cuantice (N. Bohr, W. Heisenberg, W. Pauli, Dirac etc.) sînt de părere că mecanica cuantică neagă cauzalitatea, determinismul.

De exemplu, Bohr afirmă că principiile mecanicii cuantice sînt „nu numai absolut străine de teoriile clasice ale mecanicii şi ale electrodinamicii, ci şi incompatibile cu cauzalitatea“[4]. Tot atît de clar se exprimă şi Heisenberg : „...Fizica atomică modernă abrogă legea cauzei şi a efectului sau, cel puţin, îi răpeşte parţial vigoarea, într-atîta încît nu se poate vorbi despre legi ale proceselor naturii în sensul propriu-zis al cuvîntului“[5]. „Fizica atomică s-a abătut tot mai mult de la ideile determinismului“[6].

Fizicianul american P. Bridgeman declară că „în domeniul lucrurilor celor mai mici, legea cauzei şi a efectului nu acţionează“[7].

Am putea cita foarte multe formulări asemănătoare ale unor fizicieni din ţările burgheze.

De aceeaşi părere, cu unele variaţii neînsemnate, sînt şi H. Reichenbach, Ph. Frank, J. L. Destouches, P. Février şi alţi teoreticieni, specializaţi în problemele fizicii moderne. Concepţiile indeterministe din fizica actuală sînt folosite de diferite şcoli şi secte din filozofia şi sociologia burgheză pentru a combate marxismul şi, în primul rînd, teoria cauzalităţii, a legităţii obiective.

Socialistul de dreapta german G. Pietsch afirmă, în articolul *Limitele politicii*[7a], că dezvoltarea mecanicii cuantice ar contrazice principiile marxismului. Dat fiind că electronul, cum susţine el, nu se supune nici unui fel de cauzalitate, el posedă „libertatea de alegere“, „liber-arbitru“. Şi, deoarece microparticulele se află la baza Cosmosului, aceasta demonstrează că în lume n-ar exista nici un fel de cauzalitate. De aceea, după părerea lui Pietsch, politica nu se poate baza pe cauzali-

---

[4] N. Bohr, *Despre noţiunile de cauzalitate şi de complementaritate*, în „Science“, 20, 1950, p. 51.
[5] W. Heisenberg, *Studiul atomului şi legea cauzalităţii*, în „Universitas“, nr. 3, 1954, p. 225.
[6] *Ibidem*, p. 236.
[7] B. Bridgeman, *Reflections of a Physicist*, New York, 1955, p. 226.
[7a] „Das sozialistische Jahrhundert“, nr. 13—14, 1948.

Scanned with OKEN Scanner

tate, ci trebuie construită pe principiile eterne ale moralei, trebuie să fie o expresie a „spiritului liber".

Din nefericire, este necesar să relevăm că la aceste păreri își unește glasul și un fizician atît de serios ca M. Born, care încearcă prin referiri la fizica modernă sa infirme învățătura marxistă despre obiectivitatea legilor dezvoltării sociale, pe care o consideră „nefericită" și dedusă din mecanica newtoniană. După Born, o dată cu falimentul determinismului mecanic nu mai rămîne un fundament logic pentru teoria materialistă a obiectivității legilor dezvoltării sociale[8].

Deși în ultimul timp, N. Bohr și alți cîțiva fizicieni cu concepții indeterministe nu mai vorbesc despre cauzalitatea proceselor atomice și recunosc chiar legătura dintre legile mecanicii cuantice și principiul cauzalității, nu trebuie atenuată lupta împotriva celor ce continuă să nege aplicabilitatea noțiunii de cauzalitate în domeniul mecanicii cuantice. De asemenea, nu pot fi ignorate învățămintele istoriei luptei pentru determinism în fizica cuantică.

Fizicienii de peste hotare care neagă aplicabilitatea principiului cauzalității la procesele cuantice cred că concepțiile lor indeterministe ar rezulta, nu din idei filozofice preconcepute, ci din conținutul însuși al mecanicii cuantice și mai ales din semnificația fizică a relației de nedeterminare.

Să fie cu adevărat așa? Să analizăm raționamentele lui Heisenberg despre inaplicabilitatea principiului cauzalității în mecanica cuantică.

Heisenberg enunță astfel legea cauzalității: „Dacă am cunoaște cu precizie prezentul într-un moment dat, am cunoaște și viitorul". Dar în cazul de față, după părerea sa, premisa este greșită, deoarece prezentul nu poate fi cunoscut. Putem vorbi numai despre gradul de probabilitate al unei anumite forme de viitor. Heisenberg își încheie raționamentul cu cuvintele: „Dat fiind că toate experimentele sînt legate de micromecanică, aceasta dovedește definitiv inconsistența legii cauzalității"[9].

Raționamentul lui Heisenberg poate fi reprezentat prin următoarea schemă:

premisa majoră — dacă am cunoaște starea unui sistem la un moment dat, am cunoaște starea lui în viitor;

---

[8] M. Born, *Der Realitätsbergriff in der Physik*, în „Die Sammlung", 13, nr. 718, 1958, pp. 346—360.

[9] „Zeitschrift für Physik", vol. 43, nr. 3—4, 1927, p. 116.

Scanned with OKEN Scanner

premisa minoră — nu putem determina simultan cu precizie coordonatele și viteza unei microparticule, deci nu putem cunoaște starea ei inițială ;

concluzia — legea cauzalității nu este aplicabilă mișcării microparticulelor.

În raționamentul lui Heisenberg, premisa majoră este noțiunea de cauzalitate.

După Heisenberg, conexiunile cauzale nu sînt o legătură obiectivă între fenomene, ci numai o legătură între cunoștințele noastre asupra proceselor, în care cunoașterea prezentului permite să prevedem viitorul. Cauzalitatea este identificată cu un fel de predictibilitate. Cunoscînd prezentul, dacă putem prezice viitorul, avem conexiune cauzală; dacă nu cunoaștem prezentul și nu putem prezice viitorul înseamnă că, în acest caz, nu avem voie să vorbim despre existența unei relații cauzale. Așadar, conexiunile cauzale își pierd caracterul obiectiv și, în esență, devin un produs al activității creatoare, ordonatoare a conștiinței umane.

Aceeași înțelegere a cauzalității este susținută de Heisenberg și în lucrări ulterioare. Astfel, în articolul *Studiul atomului și legea cauzalității,* publicat în 1954, el scrie : „Principiul cauzalității a devenit identic cu așteptarea faptului ca evenimentele din natură să fie univoc determinate, ca, deci, cunoașterea exactă a naturii sau a unei anumite porțiuni din ea, să fie cel puțin în principiu suficientă pentru a determina dinainte viitorul“[10].

Această înțelegere a cauzalității pare să fie unanim acceptată în rîndurile fizicienilor de peste hotare. „Prin legea cauzalității — scrie fizicianul englez R. Peierls — înțelegem de obicei afirmația că legile fizicii determină complet soarta unui sistem fizic, cu condiția ca întreaga informație referitoare la sistem să fie cunoscută la un moment anumit“[11].

Din această teză rezultă că dacă obiectul este cunoscut destul de complet și dacă știm să-i prevedem viitorul, avem de-a face în acest caz cu cauzalitatea ; dacă însă obiectul este insuficient studiat și nu știm să-i prevedem viitorul, înseamnă că avem de-a face aici cu cauzalitatea. Această înțelegere a cauzalității este preluată de filozofia pozitivistă, conform căreia cauzalitatea este un produs al activității de cunoaștere a omului.

---

[10] „Universitas“, nr. 3, 1954, p. 226.

[11] R. Peierls, *Legile naturii*, Gostehizdat, M., 1957, p. 205, (ed. rusă).

Scanned with OKEN Scanner

Din punctul de vedere al materialismului dialectic, noțiunea pozitivistă de cauzalitate cu care operează Heisenberg și alți fizicieni din străinătate, prezintă două deficiențe inițiale. În primul rînd, ea confundă problema obiectivității conexiunilor cauzale cu problema reflectării lor prin noțiuni și legi ale științei ; în al doilea rînd, cauzalitatea este identificată cu determinismul de tip laplacean.

Conexiunile cauzale ale proceselor există în afară și independent de conștiința noastră, indiferent dacă le-am cunoscut sau nu, dacă știm sau nu pe baza cunoașterii stării prezente a unui obiect să prevedem starea lui viitoare, dacă sîntem în stare sau nu să reflectăm această legătură dintre stări sub forma unei relații funcționale : „Problema gnoseologică într-adevăr importantă, care împarte curentele filozofice, nu e aceea de a ști ce grad de precizie a atins descrierea legăturilor de cauzalitate pe care o facem noi — și dacă aceste descrieri pot fi exprimate în formule matematice precise —, ci aceea de a ști dacă izvorul cunoașterii acestor legături este legitatea obiectivă a naturii sau sînt însușirile minții noastre, facultatea proprie acesteia de a cunoaște anumite adevăruri apriorice etc. Iată ce-i separă irevocabil pe materialiștii Feuerbach, Marx și Engels de agnosticii (humeiștii) Avenarius și Mach“[12].

Concepția lui Heisenberg asupra cauzalității diferă de noțiunea materialistă de cauzalitate. De aceea trebuie să avem în vedere că atunci cînd Heisenberg proclamă inaplicabilitatea legii cauzalității la microprocese, el înțelege prin conexiunea cauzală legătura dintre cunoștințele noastre despre prezentul și viitorul microparticulei și nu o relație obiectivă între fenomene. Dar materialismul dialectic respinge această înțelegere a cauzalității, ca fiind în contradicție cu natura reală a conexiunilor cauzale dintre fenomenele lumii materiale.

Am mai văzut în capitolul I că această înțelegere a cauzalității este profund greșită. În acest caz se elimină din noțiunea de cauză conținutul ei lăuntric principal : principiul ei activ în raport cu efectul. Și însăși conexiunea cauzală este legată de subiect, devine dependentă de facultățile sale cognitive.

Premisa minoră în raționamentul lui Heisenberg este afirmația imposibilității principiale de a determina simultan cu precizie coordonatele și viteza unei microparticule. Bohr și

---

[12] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 14, p. 151.

Scanned with OKEN Scanner

Heisenberg consideră că această afirmaţie formează semnificaţia fizică a relaţiei de nedeterminare.

Heisenberg şi Bohr interpretează relaţia de nedeterminare ca imposibilitate de a măsura simultan cu precizie coordonatele şi viteza unei microparticule : cu cît măsurăm mai precis coordonata, cu atît mai puţin precis măsurăm viteza şi invers, creşterea preciziei în măsurarea vitezei conduce inevitabil la o micşorare a preciziei în măsurarea coordonatei.

„S-a stabilit — scrie Heisenberg — că este imposibil să măsurăm cu precizia dorită, în acelaşi moment, poziţia în spaţiu şi viteza particulelor atomice. Dacă putem măsura foarte precis poziţia în spaţiu a particulei, devine într-un anumit grad nedeterminată, din cauza influenţei aparatelor de măsură, cunoaşterea vitezei particulei ; reciproc, devine nedeterminată cunoaşterea poziţiei în spaţiu a particulei, dacă am măsurat precis viteza ei, în aşa fel încît produsul celor două imprecizii are ca limită inferioară constanta lui Planck“[13].

Această interpretare a relaţiei de nedeterminare este cea mai răspîndită în literatura ştiinţifică, didactică şi de popularizare a fizicii din străinătate. În cartea lui L. Schiff *Mecanica cuantică,* care este principalul manual de mecanică cuantică din S.U.A., se arată că, în conformitate cu principiul nedeterminării, „este imposibil să determinăm simultan cu precizie valoarea celor doi termeni din anumite perechi de mărimi fizice care descriu un sistem atomic“[14]. Peierls scrie, în cartea sa de popularizare *Legile naturii* : „...relaţia de nedeterminare spune că există o limită de precizie cu care putem studia mişcarea obiectelor mici“[15].

Această interpretare a relaţiei de nedeterminare este construită pe baza aşa-numitelor „experimente metale“ ale lui Heisenberg. Să încercăm, de exemplu, raţionează Heisenberg, să stabilim poziţia unui electron cu o viteză precis determinată. Poziţia electronului poate fi determinată, „iluminîndu-l“ cu un fascicul de unde electromagnetice. În dorinţa de a determina cît mai precis poziţia electronului, trebuie „să-l iluminăm“ cu unde cît mai scurte. Dar, din cauza acestor unde mai scurte, electronului, ca urmare a ciocnirilor cu o cuantă de lumină, i se va imprima un recul mai mare şi astfel viteza lui se va modifica mai mult. Ca rezultat

---

[13] „Universitas“, nr. 3, 1954, p. 230.
[14] S. Schiff, *Mecanica cuantică*, M., IL, 1957, p. 17.
[15] R. Peierls, *Legile naturii*, pp. 201—202.

Scanned with OKEN Scanner

vom cunoaşte mai precis decît înainte poziţia electronului, în schimb îi vom cunoaşte mai puţin precis viteza.

Cît este de întemeiată această interpretare a relaţiei de nedeterminare? Pentru a răspunde la această întrebare, trebuie să analizăm experimentele mentale ale lui Heisenberg, pe baza cărora el interpretează în acest mod relaţia de nedeterminare[16]. La baza experimentelor mentale ale lui Heisenberg se află ipotezele:

1) se admite că microparticula, asemenea punctului material din mecanica clasică, poate avea simultan coordonate şi viteză;

2) se admite că interacţiunea aparatului de măsură cu particula este principial „necontrolabilă".

Adevărul acestor ipoteze nu poate fi nicidecum considerat evident sau demonstrat. Prima, care se referă la natura microparticulei, este evident incompatibilă cu numeroasele experimente de difracţie a electronilor, care atestă că fiecare microparticulă individuală are concomitent proprietăţi ondulatorii şi corpusculare, din care cauză nu poate fi identificată cu punctul material din mecanica clasică.

Ipoteza „interacţiunii necontrolabile" a microparticulei cu macroaparatul nu poate fi nici ea acceptată, nefiind motivată fizic şi conducînd la agnosticism.

Ipoteza „necontrolabilităţii" se bazează pe recunoaşterea incognoscibilităţii interacţiunii microparticulei cu macroaparatul, deci pe imposibilitatea principială de a cunoaşte proprietăţile obiective ale microparticulelor. În realitate, orice fenomen din natură şi din societate este în principiu cognoscibil, prin urmare este cognoscibilă şi interacţiunea aparatului cu microobiectul.

Dacă în procesul observaţiei empirice nu putem efectiv să distingem comportarea particulei de interacţiunea ei cu aparatul, aceasta nu înseamnă nicidecum că nu putem cunoaşte comportarea acestei particule în condiţii date. În adevăr, cunoaşterea, aşa cum ne învaţă materialismul dialectic, nu se reduce numai la observaţie empirică, la măsurare. Orice teorie ştiinţifică cuprinde un moment de abstracţie, de gîndire

---

16 Analiza fizică şi filozofică amănunţită a semnificaţiei relaţiei de nedeterminare este dată în lucrările: M. E. Omelianovski, *Problemele filozofice ale mecanicii cuantice*, Editura Ştiinţifică, Bucureşti, 1958, pp. 62—76; D. I. Blohinţev, *Bazele mecanicii cuantice*, Editura Tehnică, Bucureşti, 1954, pp. 54—59; A. A. Sokolov, *Vvedenie v kvantovuiu elektrodinamiku*, Gostehizdat, M., 1958, pp. 139—145.

Scanned with OKEN Scanner

teoretică, în procesul căreia are loc o adîncire de la fenomen la esență, de la observațiile empirice la dezvăluirea legii, esenței, tendinței.

Cu ajutorul analizei și al abstracției, bazîndu-ne pe datele practicii putem cunoaște și cunoaștem efectiv comportarea microparticulelor, așa cum ea se desfășoară în realitate. Această afirmație este dovedită de succesele omenirii în domeniul utilizării practice a energiei atomice pe baza cunoașterii legilor de mișcare ale microparticulelor, pe care le dezvăluie fizica modernă, inclusiv teoria cuantică.

Afirmația „interacțiunii necontrolabile" a fost emisă de Bohr pentru a salva deducerea artificială a relației de nedeterminare cu ajutorul experimentelor mentale ale lui Heisenberg. În acestea, se pune de la bun început o problemă de nerezolvat: să se determine simultan coordonatele și viteza unei particule atomice, păstrînd pînă la urmă fidelitatea față de mecanica clasică. Cînd aceasta se dovedește imposibil, din cauza naturii corpuscular-ondulatorii inerente microparticulelor, acest rezultat este atribuit nu naturii obiective a particulelor atomice, ci existenței unei pretinse „interacțiuni necontrolabile" între particulă și aparat. În realitate, nu putem măsura simultan coordonatele și viteza unei microparticule, nu pentru că există „necontrolabilitatea principială", ci pentru că natura obiectivă a particulei face ca ea să nu aibă concomitent coordonate și viteze determinate. Interpretarea relației de nedeterminare ca imposibilitate de a măsura simultan coordonatele și impulsul unei microparticule este, cum arată acad. V. A. Fok, un ecou al punctului de vedere greșit, conform căruia x și p „au totdeauna, în fapt, o valoare determinată, dar în urma unui capriciu al naturii (necontrolabilitatea interacțiunii etc.) ele nu sînt observabile simultan. Din acest punct de vedere, relația lui Heisenberg a fost interpretată și ea ca relație de imprecizie (și nu nedeterminare)", iar mai departe : „noțiunea de necontrolabilitate principială trebuie abandonată ca greșită"[17]. Acad. V. A. Fok subliniază că : „principiul necontrolabilității" este greșit și, de aceea, el nu poate fi pus la baza deducerii și interpretării relației de nedeterminare. Referitor la experimentele mentale ale lui Heisenberg, la baza cărora stă noțiunea de „necontrolabilitate principială", putem spune, cu toată justificarea, că ele nu pot servi la deducerea unor legi fizice și nici măcar

17 Culegerea „Filozofskie voprosî sovremennoi fiziki", Izd-vo AN SSSR, M., 1958, pp. 55—66.

Scanned with OKEN Scanner

la ilustrarea lor. Această afirmație nu trebuie înțeleasă în sensul că fizica nu trebuie să folosească de loc experimentele mentale, schemele mentale ale unor procese reale. Experimentul mental în fizică este un procedeu de cercetare destul de fecund și de răspîndit. Se știe că Sadi Carnot a obținut cu ajutorul unor experimente mentale cu mașina sa cu vapori ideală o serie de importante rezultate din termodinamică. Dar, cu ajutorul experimentelor mentale putem ajunge la rezultate sigure atunci cînd ele se bazează pe experimente reale, cînd sînt reflectarea unor procese reale. Practica trebuie să apară în rolul de criteriu al adevărului, atît la începutul întocmirii schemei mentale a unui proces, cît și la sfîrșit, la verificarea corectitudinii rezultatelor obținute. Dacă aceste condiții nu sînt satisfăcute, schemele mentale ale unor procese reale pot, în general, să nu dea o soluție corectă.

Izvorul agnosticismului subiectivist și al interpretării indeterministe a relației de nedeterminare îl constituie concepțiile mecaniciste care neagă specificul calitativ al formelor proceselor materiale și identifică, în esență, mișcarea microparticulelor cu mișcarea pe traiectorie a punctului material din mecanica clasică.

Revenind la raționamentul lui Heisenberg asupra inaplicabilității legii cauzalității la microprocese, putem spune acum că la baza raționamentului său se află, în primul rînd, înțelegerea pozitivistă a cauzalității, iar în al doilea rînd, o interpretare inconsistentă din punct de vedere fizic și filozofic a relației de nedeterminare.

4. Relația de nedeterminare și cauzalitatea

Care este relația reală între principiul cauzalității înțeles corect și relația de nedeterminare? Pentru a pune în lumină această relație trebuie să stabilim în prealabil adevărata semnificație fizică a relației de nedeterminare.

În acest scop, trebuie să analizăm deducerea relației de nedeterminare din aparatul matematic al mecanicii cuantice. „Relația de nedeterminare pentru coordonate și impuls — subliniază V. A. Fok — este o consecință a aparatului mecanicii cuantice“[18]. Într-un articol consacrat problemelor

[18] *„Filozofskie voprosi sovremennoi fiziki“*, p. 77.

Scanned with OKEN Scanner

filozofice ale mecanicii cuantice, Heisenberg afirmă și el că principiul nedeterminării este o expresie a ipotezei conform căreia „stările reale pot fi totdeauna reprezentate sub formă de vectori într-un spațiu Hilbert“[19] (adică reprezentate în aparatul matematic al mecanicii cuantice prin funcția de undă — Red. rusă). Este interesant de observat că noțiunea de necontrolabilitate nu mai este folosită de Heisenberg în acest articol. Aceeași părere este exprimată de fizicianul american Margenau, care nu poate fi de loc bănuit de simpatii față de materialism. Într-una din lucrările sale, el scrie că: „principiul nedeterminării... este o consecință a legilor fundamentale ale mecanicii cuantice și nu are o legătură directă cu acțiunea distructivă a măsurătorii“[20].

Deducerea relației de nedeterminare din aparatul matematic al mecanicii cuantice se caracterizează prin faptul că ea se bazează în esență pe relația lui de Broglie ($P = \hbar/\gamma$), care exprimă faptul experimental al unității proprietăților corpusculare și ondulatorii ale microparticulelor, precum și pe semnificația fizică a funcției de undă (ψ).

Unii autori pleacă de la faptul că funcția ψ caracterizează statistic comportarea unui ansamblu de microobiecte identice (D. I. Blohințev, I. P. Terleţki), alții consideră că funcția de undă caracterizează posibilitățile unei anumite comportări a unui microobiect individual (W. Heisenberg, V. Fok).

Divergența în interpretarea semnificației fizice a funcției de undă generează deosebiri în interpretarea relației de nedeterminare. D. I. Blohințev consideră că relația de nedeterminare se referă la un ansamblu de microparticule. W. Heisenberg și V. A. Fok cred că relația de nederminare se referă la o particulă individuală. Fără a rezolva în acest moment problema semnificației fizice a funcției de undă, vom examina ambele alternative de soluții posibile. Dacă admitem că funcția de undă se referă la un ansamblu de microobiecte identice, atunci bazîndu-ne pe relația lui de Broglie, obținem ușor expresia matematică a relației de nedeterminare, sub forma:

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \quad \hbar$$

unde Δx este abaterea coordonatei particulei de la valoarea ei medie (împrăștierea coordonatei), Δp_x este abaterea componentei corespunzătoare a impulsului particulei de la va-

[19] Culegerea „Niels Bohr și dezvoltarea fizicii“, M., IL, 1958, p. 27.
[20] H. Margenau, *Advantages and Desadvantages of varions Interpretations of the Quantum Theory*, în „Physics Today“, vol. 7, nr. 10, 1954, p. 7.

Scanned with OKEN Scanner

loarea medie (împrăștierea impulsului), $\hbar$ este constanta lui Planck, împărțită prin 2π.

Relațiile de nedeterminare astfel obținute se interpretează ca legea fizică ce reflectă proprietatea obiectivă a unui ansamblu de microparticule, respectiv proprietatea generală de natură corpusculară ondulatorie a particulelor care constituie ansamblul. Relația de nedeterminare, subliniază D. I. Blohințev, se bazează, în ultimă instanță, pe ecuația lui Louis de Broglie ($p = \hbar/\lambda$)[21]. Aceasta înseamnă că, dacă microparticulele ar avea numai proprietăți corpusculare sau numai ondulatorii, nu am avea o relație de nedeterminare în mecanica cuantică. Relația de nedeterminare reflectă natura dublă a microparticulelor individuale, însă nu nemijlocit, ci mijlocit, prin reflectarea proprietăților inerente ansamblului de particule. Ea exprimă deosebirea calitativă dintre un ansamblu cuantic și un ansamblu de macrocorpuri: Dacă într-un ansamblu de macrocorpuri, într-un „ansamblu clasic", abaterile de la medie ale impulsurilor și ale coordonatelor particulelor nu sînt legate între ele și pot fi în același timp egale cu zero, în schimb, la un ansamblu cuantic abaterile de la valoarea medie a impulsurilor și ale vitezelor nu pot fi concomitent nule, în produsul lor figurează o mărime de ordinul constantei lui Planck.

Dacă ne situăm pe punctul de vedere al lui V. A. Fok și considerăm că funcția de unde se referă la un microobiect individual și caracterizează probabilitatea unei anumite comportări a acestui obiect în condiții exterioare date, atunci bazîndu-ne pe relația lui de Broglie, putem obține iarăși relația de nedeterminare sub forma

$$\Delta x \, \Delta p_x \geqslant \hbar$$

Aici însă Δx și Δp_x nu mai sînt caracteristici statistice ale ansamblului, ci mărimi ce caracterizează un microobiect individual, anume Δx este nedeterminarea coordonatei microparticulei, iar Δp_x nedeterminarea impulsului aceleiași particule. Relația de nedeterminare astfel dedusă este interpretată ca o restricție necesară la aplicabilitatea noțiunilor mecanice de coordonată și de viteză la microparticule[22]. Această îngrădire a aplicabilității modelelor mecanice la microprocese nu este

---

[21] D. I. Blohințev, *Bazele mecanicii cuantice*, p. 61.

[22] Vezi V. A. Fok, *Osnovnie zakoni fiziki v svete dialekticeskovo materializma*, în „Vestnic Leningradskovo Universiteta", nr. 4, 1949, p. 34.

determinată de existența unei „necontrolabilități" enigmatice, ci de faptul că microparticulele, dată fiind natura lor corpuscular-ondulatorie, nu posedă în mod obiectiv, real, în același timp coordonate determinate și viteze determinate, prin urmare, starea microparticulelor nu poate fi caracterizată prin indicarea simultană a acestor parametri. Ipoteza conform căreia, în orice condiții, microparticula are concomitent coordonate și impulsuri (viteze) determinate este o extrapolare nejustificată și neconfirmată de practică a unor noțiuni care apar ca rezultat al studiului macroproceselor.

Din punct de vedere al materialismului dialectic, o astfel de extrapolare nici nu este necesară. Conform expresiei plastice a lui Langevin, lumea obiectivă reală nu este ceva asemănător cu jucăria rusească „Matrioșka", formată din figuri cu aceeași înfățișare și care se deosebesc una de alta numai prin mărimea lor[23]. Trecerea de la obiectele de un ordin de mărime, la obiecte de un alt ordin de mărime implică, în general, o modificare a legilor calitative, care implică o modificare a vechilor noțiuni și crearea de noi noțiuni. De aceea, nu avem nevoie să insistăm asupra ideii că electronul este neapărat asemănător unui bob de alice, micșorat considerabil și descriind o traiectorie asemănătoare cu particula materială din mecanica clasică.

Așadar, în ambele cazuri (D. I. Blohințev, V. A. Fok) se recunoaște că relația de nedeterminare reflectă natura corpuscular-ondulatorie obiectivă, reală a microparticulelor. Recunoașterea existenței concomitente a proprietăților corpusculare și ondulatorii suprimă dificultățile legate de interpretarea relației de nedeterminare, deoarece dispare necesitatea de a atribui interacțiunii microparticulei cu macroaparatul calitatea enigmatică de necontrolabilitate, care duce la agnosticism.

Deosebirea dintre aceste interpretări constă numai în faptul că D. I. Blohințev consideră că relația de nedeterminare reflectă natura specifică a microobiectelor indirect prin prisma statisticii, pe cînd V. A. Fok afirmă că relația de nedeterminare reflectă proprietățile particulei individuale.

Ambele interpretări ale relației de nedeterminare sînt acceptabile din punctul de vedere al filozofiei materialiste.

Este oare în contradicție relația de nedeterminare cu principiul materialist al cauzalității?

---

[23] Vezi P. Langevin, *Lucrări alese*, M., IL, 1949, p. 361.

Scanned with OKEN Scanner

Principiul cauzalității constă în afirmația că toate fenomenele lumii reale își au cauzele lor, indiferent dacă am cunoscut sau nu aceste cauze. Acest principiu poate fi contrazis numai de o teză din care reiese existența unor fenomene neavînd cauze. Dar, relația de nedeterminare nu conține afirmații de acest fel. În adevăr, din faptul că într-un colectiv cuantic abaterea de la medie a impulsului și a coordonatei particulei prezintă o altă relație decît într-un ansamblu clasic (D. I. Blohințev) nu rezultă cîtuși de puțin că în domeniul microproceselor ar exista măcar un singur fenomen lipsit de cauză. Relația de nedeterminare și principiul cauzalității se ocupă de lucruri diferite și de aceea, ele nu se pot contrazice. De asemenea, nu se poate trage concluzia că în microcosm ar exista fenomene fără cauză, pe baza afirmației că noțiunile mecanice de coordonată și viteză se aplică microproceselor cu anumite restricții (interpretarea lui V. A. Fok). Căci nimeni nu va afirma în serios că procesele electromagnetice sînt acauzale pentru că noțiunile mecanice de coordonată și viteză sînt inaplicabile cîmpului electromagnetic.

Așadar, relația de nedeterminare, obținută de aparatul matematic al mecanicii cuantice, nu este în contradicție cu principiul cauzalității. Mai mult, se poate spune că relația de nedeterminare nu numai că nu contrazice, ci chiar reflectă o anumită formă de conexiuni cauzale specifice microparticulelor.

Dacă relația de nedeterminare se referă la un ansamblu de microparticule, atunci proprietățile unei particule individuale sînt reflectate în ea indirect, prin prisma statisticii. Aceasta însă nu ne împiedică să tragem o concluzie pe deplin clară asupra proprietăților specifice ale microparticulelor. Pe baza relației de nedeterminare se poate trage concluzia că orice limitare spațială a particulei, orice localizare a ei conduce la o creștere a vitezei și deci a energiei ei cinetice[24].

Aceasta înseamnă că, dacă particula a intrat în interacțiune cu un obiect fizic, astfel încît acesta „a limitat volumul" ocupat de particulă, se va produce o variație a vitezei particulei (a energiei ei cinetice). Această proprietate a microparticulelor este direct legată de natura lor corpuscular-ondulatorie.

Aceeași concluzie despre particularitățile interacțiunii microparticulelor se poate obține și în cazul cînd referim relația

[24] Conținutul pozitiv al relației de nedeterminare este indicat de S. N. Vonsovski. Vezi culegerea „Nekotorîe filosofskie voprosî estestvoznaniia", Izd-vo AN SSSR, 1957, pp. 157—176.

Scanned with OKEN Scanner

de nedeterminare la o particulă individuală (interpretarea după V. A. Fok).

Pe baza relaţiei de nedeterminare s-a putut prevedea şi explica o serie întreagă de fenomene; s-au dezvăluit cauzele a numeroase procese cuantice. Înainte de 1930 se considera că nucleele atomice sînt constituite din protoni pozitivi şi din electroni negativi. Bazîndu-se pe relaţia de nedeterminare, D. D. Ivanenko a propus un model de structură a nucleelor din nucleoni, care a fost dezvoltată apoi în lucrările lui W. Heisenberg.

Folosindu-se relaţia de nedeterminare, s-a putut explica dependenţa stării feromagnetice a substanţei de dimensiunile corpurilor; particularităţile mişcării electronilor în supraconductori; a putut fi prevăzută existenţa mişcării în corpurile solide la temperatura de zero absolut (energia „de zero" a oscilaţiilor termice ale cristalelor etc.). Relaţia de nedeterminare nu numai că nu neagă existenţa şi cognoscibilitatea conexiunilor cauzale reale din microprocese, ci chiar, dimpotrivă, este un instrument puternic în mîinile fizicienilor pentru explicarea unei serii întregi de fenomene cuantice, pentru dezvăluirea cauzelor care le-au generat, pentru prevederea efectelor pe baza unor cauze cunoscute.

De asemenea, relaţia de nedeterminare nu conduce la negarea posibilităţii principiale de a construi o teorie dinamică a unui microobiect individual. Ea înseamnă numai că pentru caracterizarea stării microparticulelor sînt inaplicabile simultan noţiunile de coordonată şi de viteză, în măsura în care ele se aplică în mecanica clasică la caracterizarea stării unui punct material. Dacă pentru a reda mişcarea particulelor folosim noţiunea de coordonată, atunci, pentru respectiva stare cuantică, nu mai putem aplica cu orice precizie dorită noţiunea clasică de viteză şi, invers, dacă într-o stare dată microparticula posedă o valoare determinată a vitezei, nu i se aplică simultan cu orice precizie dorită noţiunea de coordonată. Este imposibil să aplicăm simultan cu o precizie oricît de mare mărimi ale mecanicii clasice, cum sînt coordonata şi viteza, nu pentru că nu putem măsura aceste mărimi, ci pentru că însăşi natura microparticulelor face ca ele să nu aibă simultan coordonate şi impulsuri determinate.

Relaţia de nedeterminare arată ireductibilitatea conexiunilor cauzale ale microproceselor la relaţiile cauzale mecanice, ireductibilitatea interacţiunii microparticulelor la interacţiunea unor obiecte mecanice. Cînd intrăm în domeniul mişcării micro-

Scanned with OKEN Scanner

particulelor trebuie să renunţăm la reprezentarea de determinism mecanic şi la afirmaţia lui că starea oricărui corp este determinată univoc de coordonatele şi de vitezele sale. În domeniul cuantic există alte mărimi, nemecanice, cu ajutorul cărora putem lega starea prezentă a unui sistem de starea lui viitoare.

Relaţia de nedeterminare reflectă conexiunea cauzală specifică din domeniul microproceselor.

Ca lege fizică obiectivă, această relaţie confirmă teza materialismului dialectic despre varietatea calitativă a formelor de conexiuni cauzale din natură. Ea afirmă că conexiunile cauzale din domeniul microproceselor sînt diferite de conexiunile cauzale mecanice şi ireductibile la ele.

5. Caracterul statistic al mecanicii cuantice şi cauzalitatea

Starea obiectelor este redată în mecanica cuantică prin funcţia de undă (funcţia ψ). Funcţia de undă depinde de toate mărimile ce caracterizează microobiectele şi au o valoare determinată, cum sînt, de exemplu, coodonatele tuturor particulelor sau impulsurile lor. Dacă avem o particulă „elementară", starea ei poate fi descrisă printr-o funcţie de undă care depinde de coordonate şi de timp: $\psi(x, t)$ (adică reprezentarea prin coordonate sau reprezentarea — x) sau, într-un alt caz, printr-o funcţie de undă care depinde de impulsuri şi de timp (reprezentarea prin impuls sau reprezentarea — p). Subliniem din nou că atît coordonatele cît şi impulsurile microparticulei nu sînt coordonatele şi impulsurile punctului material din mecanica clasică. Ele au o natură specifică, cuantică. Aceasta îşi găseşte reflectarea în aparatul matematic al mecanicii cuantice. Dacă o microparticulă se găseşte într-o stare cu coordonata riguros determinată, atunci în limbajul matematic al mecanicii cuantice, aceasta îşi va găsi expresia în faptul că coordonata particulei va fi reprezentată printr-un număr determinat, iar valoarea impulsului particulei va fi nedeterminată. Dacă alegem reprezentarea prin coordonate, coordonatele sînt exprimate ca numere obişnuite, iar impulsurilor le vor corespunde anumiţi operatori diferenţiali. Dimpotrivă, dacă vom alege reprezentarea prin impulsuri, atunci impulsurile vor fi exprimate ca numere obişnuite, iar coordonatelor le vor corespunde operatori diferenţiali.

Scanned with OKEN Scanner

Această legătură între mărimile ce caracterizează microparticula exprimă, în ultimă instanță, natura specifică a microparticulelor, unitatea proprietăților lor corpuscular-ondulatorii.

Funcția de undă reflectă starea microobiectelor în sens statistic. Aceasta înseamnă că funcția de undă ne ajută să obținem numai pentru anumite mărimi dintr-o stare dată valori determinate, pe cînd pentru toate celelalte mărimi se obțin numai probabilități ale valorilor lor. Mărimea acestei probabilități este definită de pătratul modulului funcției de undă $|\psi|^2$, care se obține din ecuația de undă (a lui Schrödinger) de forma

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \hat{H}\psi,$$

unde $\hbar = h/2\pi$; h este constanta lui Planck, $i = \sqrt{-1}$; ψ este funcția de undă, iar $\hat{H}$ operatorul lui Hamilton.

Interpretarea statistică a funcției de undă este unanim adoptată în rîndurile fizicienilor. Dar și pînă în prezent continuă să fie discutată natura statisticității mecanicii cuantice, problema relației dintre legile statistice ale mecanicii cuantice și principiul cauzalității.

Această problemă este tratată amănunțit în capitolul *Legile dinamice și legile statistice în fizică*. Aici putem adăuga următoarele propoziții la cele spuse în acest capitol.

Conform interpretării propuse de Bohr și de Heisenberg, caracterul statistic al mecanicii cuantice este o urmare necesară a existenței interacțiunii necontrolabile dintre microparticulă și macroaparat sau, altfel spus, un rezultat al incognoscibilității principiale a stării microparticulei.

Heisenberg este de părere că statisticitatea mecanicii cuantice ar fi incompatibilă cu principiul cauzalității. Căci, după Heisenberg, cauzalitatea are loc numai și numai atunci cînd cunoaștem legi care, pe baza cunoașterii prezentului stabilesc univoc starea particulei în viitor. Dar, în conformitate cu relația de nedeterminare, mecanica cuantică nu ne dă cunoașterea prezentului. De aceea, în general, ea nu ne dă predicții univoce nici cu privire la impuls, nici cu privire la coo donate. Mecanica cuantică împreună cu funcția ei de undă pot da, în cazul general, numai o predicție a probabilității unei anumite comportări a microobiectului în condiții exterioare date.

Scanned with OKEN Scanner

De aici se trage concluzia că mecanica cuantică ar fi indeterministă. Dar avem oare dreptul să presupunem că în spatele legilor statistice ale mecanicii cuantice se ascund legi a căror cunoaştere ne-ar permite să prevedem univoc comportarea sistemului în viitor, dacă este cunoscută comportarea sistemului la momentul iniţial? După Bohr şi Heisenberg, o astfel de posibilitate este principial exclusă în mecanica cuantică, din cauza interacţiunii necontrolabile. Mecanica cuantică este condamnată să rămînă pentru totdeauna o teorie statistică.

La baza concluziei lui Heisenberg despre incompatibilitatea principiului cauzalităţii cu caracterul statistic al mecanicii cuantice stă, pe de o parte, concepţia idealistă asupra cauzalităţii ca legătură între cunoştinţele noastre asupra obiectului, iar pe de altă parte, interpretarea subiectivistă a naturii statisticităţii mecancii cuantice ca interacţiune principial necontrolabilă între aparat şi microobiect.

Consideraţiile lui Heisenberg asupra relaţiei dintre principiul cauzalităţii şi statisticitatea mecanicii cuantice evoluează în cadrul noţiunilor filozofiei idealiste, iar în măsura în care ele rămîn între aceste limite, sînt şi logice. Dar aceasta înseamnă că concluzia negativă a lui Heisenberg nu are legătura cu postulatul materialist asupra cauzalităţii. Concepţia materialistă asupra cauzalităţii, deci care consideră cauzalitatea ca una dintre formele conexiunii obiective a fenomenelor, este direct şi foarte bine spusă concepţiei pozitiviste de la care porneşte Heisenberg. În ce priveşte celălalt punct de la care pleacă raţionamentul lui Heisenberg, anume ipotezele conform cărora statisticitatea mecanicii cuantice ar fi determinată de necontrolabilitatea principială, el este inconsistent logic, pentru simplul motiv că în natură, după cum am văzut în paragraful precedent, nu există nici un fel de necontrolabilitate în sensul unei incognoscibilităţi principiale. Concluzia lui Heisenberg asupra incompatibilităţii principiului cauzalităţii cu caracterul statistic al mecanicii cuantice nu este o consecinţă necesară a conţinutului ştiinţei, ci este determinat de concepţiile filozofice pozitiviste ale savantului.

Printre concepţiile indeterministe din fizica actuală este destul de răspîndit punctul de vedere al lui Reichenbach în legătură cu cauzele statisticităţii mecanicii cuantice.

Potrivit acestui punct de vedere, statisticitatea mecanicii cuantice este dovada indeterminismului principial al comportării particulei. Mişcarea microparticulei este principial statistică,

Scanned with OKEN Scanner

absolut haotică, nedeterminată de nici un fel de conexiuni cauzale. De aceea, spun adepții acestei interpretări, mecanica cuantică recurge la metode statistice pentru descrierea microfenomenelor. Această concluzie se justifică de obicei prin referiri la experimente de difracție a unor electroni izolați. În aceste experimente, electronii trec consecutiv printr-o rețea cristalină construită foarte exact, ajung la ecran și dau un mic spot. Experiența arată că și în cazul cînd electronii se vor afla în condiții macroscopice identice, vom observa izbucnirile lor de lumină în puncte diferite ale ecranului.

În acest fapt adepții concepțiilor indeterministe văd un argument în favoarea tezei lor despre lipsa de cauzalitate a proceselor atomice. Ei judecă astfel: „putem vorbi despre cauzalitate atunci cînd cauze identice în condiții identice duc la rezultate identice". Dar experimentele de difracție arată că doi electroni aflați în condiții macroscopice identice, și care sînt emiși unul după altul din același izvor, dau spoturi în puncte diferite ale ecranului. Electronii posedă „liber-arbitru", „libertate de alegere" — declară fizicienii idealiști. Această concluzie este trasă din ipoteza că stările inițiale și condițiile de mișcare ale primului și ale celui de-al doilea electron sînt riguros identice. Dar este oare ipoteza demonstrată? Nu este. Nu există condiții absolut identice pentru mișcarea a doi electroni, care zboară unul după altul. În adevăr, primul electron, trecînd prin rețeaua de difracție interacționează cu aceasta, ceea ce poate produce o schimbare în starea electronului și în starea microscopică a rețelei. Variația microstructurii rețelei poate fi atît de neînsemnată, încît proprietățile ei macroscopice să rămînă aceleași. Dacă același izvor emite apoi cu aceeași viteză un al doilea electron, atunci mișcarea sa în rețea va diferi, în general, de mișcarea celui dintîi, din cauză că microstructura rețelei s-a modificat atît în urma trecerii primului electron prin ea, cît și ca rezultat al proceselor interne care au loc în interiorul rețelei. În afară de aceasta, din aceeași cauză, electronii interacționează în mod diferit cu ecranul. Rezultatul este că electronii dau un spot în puncte diferite ale ecranului.

Așadar, nu există suficiente temeiuri pentru ipoteza menționată (condițiile microparticulelor în experimentele de difracție cu electroni care zboară unul cîte unul ar fi strict identice) și, ca atare, nu există rațiuni suficiente pentru a afirma acauzalitatea mișcării microobiectelor.

Reichenbach își construiește concluzia care neagă existența conexiunilor cauzale obiective în microprocese, pe baza ana-

Scanned with OKEN Scanner

lizei a două experimente diferite de difracţie a unor electroni care zboară separat[25]. În primul experiment, electronii trec pe rînd printr-o fantă a reţelei de difracţie şi dau scintilaţii în anumite locuri. În al doilea experiment se observă o imagine de difracţie atunci cînd un flux de electroni trece prin două fante. Închizînd şi deschizînd alternativ fantele, ne convingem uşor că imaginea de difracţie observată nu este un rezultat al simplei suprapuneri a imaginilor obţinute de la fiecare fantă în parte. Este oare posibilă o explicare cauzală a acestor fenomene? După Reichenbach, ea nu este posibilă.

Reichenbach judecă astfel: dacă există cauze care determină scintilaţiile observate pe ecran, trebuie să existe anumite obiecte „observabile", care trebuie să provoace aceste scintilaţii. Reichenbach denumeşte scintilaţiile observate fenomene, iar obiectele „inobservabile", care ar putea determina fenomenele, se cheamă la el interfenomene.

Pentru explicarea imaginilor de difracţie observate sînt posibile, după Reichenbach, două alternative: interfenomenele au fie o natură exclusiv corpusculară, fie una exclusiv ondulatorie.

Dacă electronul-interfenomen are o natură corpusculară, adică se comportă ca o sferă foarte mică, atunci primul dintre experimentele de difracţie descris mai sus, cel cu electronii care zboară unul cîte unul, admite o explicaţie cauzală, deoarece în acest caz distribuţia pe ecran a fenomenelor şi distribuţia nimeririi interfenomenelor sînt descrise de aceleaşi legi. Fiecărei nimeriri a unui electron pe ecran îi corespunde o scînteiere proprie. Nimerirea electronului într-un punct oarecare al ecranului poate fi considerată drept cauză, iar scînteierea în respectivul punct al ecranului, drept efect.

Dacă adoptăm reprezentarea corpusculară asupra electronului şi asupra interfenomenului, rezultatele celui de-al doilea experiment de difracţie nu pot fi exprimate cauzal. Închiderea fantei de difracţie în momentul cînd electronul-interfenomen trece prin a doua fantă determină o modificare esenţială a distribuţiei scînteierilor-fenomene, dar nu poate influenţa distribuţia nimeririlor electronilor, consideraţi drept corpusculi. Prin urmare, legea distribuţiei nimeririlor electronilor-interfenomene se deosebeşte de legea de distribuţie a scînteierilor pe care le vedem pe ecran şi de aceea, electronii-interfenomene

[25] Descrierea acestor fenomene este luată din cartea lui M. E. Omelianovski, *Problemele filozofice ale mecanicii cuantice*, pp. 209—211.

Scanned with OKEN Scanner

nu pot fi cauza scînteierilor-fenomene. Dacă admitem a doua alternativă şi considerăm că electronul este undă, raţionează Reichenbach, atunci putem să explicăm cauzele fenomenelor observate în al doilea fenomen, introducînd ipoteza existenţei unor „unde bicanale" speciale, în schimb nu putem să explicăm cauzele fenomenelor observate în primul experiment. Oricare dintre aceste două teze contrazice explicarea cauzală a fenomenelor de difracţie în experimentele descrise, iar de aici Reichenbach trage concluzia indeterminismului principial al microproceselor.

Raţionamentele lui Reichenbach însă nu sînt ireproşabile din punct de vedere logic. Nu este justificată de pildă ipoteza posibilităţii a numai două teze referitoare la electroni: ori corpuscul, ori undă. Mai există o a treia teză: electronul nu este nici undă, nici corpuscul, ci sinteza lor, unitatea lor. Analiza experimentelor de difracţie a unor electroni emişi succesiv, efectuată de Reichenbach, dovedeşte tocmai mărginirea, unilateralitatea reprezentărilor pur corpusculare sau pur ondulatorii în domeniul microfizicii. O asemenea analiză însă atestă necesitatea sintezei acestor două imagini opuse despre microparticule. Dificultăţile explicaţiei cauzale a fenomenelor de difracţie dispar dacă recunoaştem că microparticula este ceva obiectiv existent, care posedă concomitent proprietăţi corpusculare şi ondulatorii.

Apariţia scînteierilor punctuale pe ecran în primul experiment şi în al doilea se exprimă prin natura corpusculară a electronilor. Faptul că scînteierile se observă numai în limitele inelelor luminoase şi că în inelele întunecate electronii nu nimeresc se explică prin natura ondulatorie a electronilor în mişcare.

Concluzia lui Reichenbach despre nedeterminarea principială a microproceselor nu este întemeiată şi, de aceea, ea nu poate fi pusă la baza interpretării mecanicii cuantice.

Interpretarea statistică a mecanicii cuantice pe baza indeterminismului a fost combătută de fizicienii sovietici şi de o serie de fizicieni din străinătate. Trebuie să citäm aici pe M. Planck, A. Einstein, P. Langevin, L. de Broglie, iar din tînăra generaţie pe J. Vigier, D. Bohm, J. Lochak şi alţii, care critică interpretarea dată mecanicii cuantice în spiritul şcolii de la Copenhaga.

Fizicienii sovietici S. I. Vavilov, V. A. Fok, A. D. Aleksandrov, K. V. Nikolski, D. I. Blohinţev, S. V. Vonsovski, I. P. Terleţki, A. A. Sokolov şi alţii au adus o contribuţie

Scanned with OKEN Scanner

importantă la elucidarea naturii legilor statistice ale fizicii cuantice, pe baza principiilor filozofiei materialiste. L. de Broglie, D. Bohm şi J. Vigier încearcă să explice statisticitatea mecanicii cuantice pe baza recunoaşterii obiectivităţii şi a determinării microproceselor. După părerea acestor savanţi, pentru a demonstra inconsistenţa interpretării de la Copenhaga a mecanicii cuantice, trebuie creată o teorie a microproceselor care, paralel cu legile statistice, să admită redarea mişcării particulelor sub forma unor legi dinamice pentru particulele individuale. Ei denumesc această teorie a proceselor cuantice teoria cauzală sau deterministă.

Conform primei variante de interpretare cauzală a mecanicii cuantice, propusă de Bohm[26], particulele se mişcă pe o traiectorie şi au în acelaşi timp coordonate şi viteză, care sînt „parametri ascunşi". Mişcîndu-se pe traiectorie, particula este supusă, în afară de forţele mecanice, acţiunii unor forţe speciale, anume acţiunii forţelor „potenţialului cuantic". În urma unor variaţii foarte diferite şi rapide ale potenţialului cuantic, determinate de diversele interacţiuni posibile ale particulelor cu diferitele sisteme „clasice" (pereţii vasului, părţi ale aparatului de măsură etc.) se produce o modificare rapidă şi dezordonată în mişcarea particulelor, ceea ce ne ia posibilitatea de a le urmări mişcarea. Dacă însă vom modifica în mod corespunzător aparatul matematic al mecanicii cuantice, atunci determinarea simultană oricît de precisă a coordonatei şi a impulsului particulei va deveni în principiu posibilă şi se va putea construi astfel o teorie dinamică.

Recursul la metodele statistice în teoria proceselor cuantice, ca şi în mecanica statistică clasică, este, după Bohm, o simplă necesitate practică, nu o negare a posibilităţii principiale de a construi o teorie dinamică a microobiectului individual. După cum în mecanica statistică clasică se presupune că în spatele legilor statistice stau procese riguros determinate, tot astfel în spatele legilor statistice ale mecanicii cuantice se ascund procese deterministe, care admit în principiu construirea unei teorii dinamice.

La baza variantei de interpretare a proceselor cuantice, propusă de Bohm, stă reprezentarea microparticulei ca un corpuscul înconjurat de undă şi care descrie o traiectorie. Această variantă simplifică imaginea microparticulei, care este în reali-

---

[26] D. Bohm, *Despre posibilitatea interpretării mecanicii cuantice pe baza reprezentării de parametri „ascunşi"*, în culegerea „Voprosî pricinnosti v kvantovoi mehanike", pp. 34—94.

Scanned with OKEN Scanner

tate o sinteză de proprietăţi corpusculare şi ondulatorii, iar în problema cauzalităţii ea nu depăşeşte cadrul determinismului mecanic.

În ultimele lucrări, Bohm[27] a introdus o serie de modificări, care atenuează într-o oarecare măsură observaţiile critice la adresa reprezentărilor sale iniţiale.

Bohm postulează că în domeniul mecanicii cuantice nerelativiste microparticula poate fi reprezentată ca un corp care ocupă o mică regiune din spaţiu şi este legat de o undă realmente existentă. Unda asociată corpului este descrisă cu ajutorul funcţiei ψ. Corpul este destul de mic în comparaţie cu dimensiunile atomului şi, de aceea, la nivelul atomic, el poate fi considerat ca un punct material. Cîmpul ψ şi corpul interacţionează astfel încît acţiunea undei asupra particulei se manifestă sub formă de „forţă cuantică", sub acţiunea căreia corpul se află în regiunea din spaţiu pentru care ψ are valoarea cea mai mare.

Dacă ar fi supus numai acţiunii „forţei cuantice", corpul s-ar mişca la fel cu punctul material din mecanica clasică aflat sub acţiunea unei forţe. Pentru explicarea caracterului statistic al mecanicii cuantice, Bohm introduce ipoteza existenţei unor tendinţe care contracarează stabilirea unei mişcări ordonate a corpului. După cum presupune Bohm, aceste tendinţe pot fi fluctuaţiile dezordonate proprii ale cîmpului sau acţiuni aleatorii ale unor obiecte care formează un alt nivel situat mai profund (nivelul subcuantic).

Aşadar, mişcarea corpului este rezultatul acţiunii a doi factori: „forţa cuantică" şi tendinţele care perturbează mişcarea ordonată a corpului, determinată de aceste forţe.

Mai departe, Bohm introduce o serie de noi elemente în aceste reprezentări. Pentru a explica spinul, Bohm presupune că respectivul corp micro are dimensiuni finite şi se roteşte în jurul centrului său de mase. Efectele relativiste pot fi explicate, după Bohm, prin ipoteza potrivit căreia cîmpul nu satisface ecuaţia lui Schrödinger, ci ecuaţia relativistă a lui Dirac. Pentru rezolvarea dificultăţilor legate de necesitatea introducerii cîmpurilor într-un spaţiu multidimensional, pentru soluţionarea problemelor mişcării unui sistem format din n particule, Bohm recurge la reprezentări înrudite cu teoria „cîmpului dublu cuantificat". Potrivit acestor reprezentări,

---

[27] D. Bohm, *Cauzalitate şi întîmplare în fizica modernă*, M., IL, 1959, pp. 166—179.

Scanned with OKEN Scanner

cîmpul se manifestă ca o undă şi prezintă tendinţa de a forma concentraţii discrete şi corpusculare de energie, sarcină, masă, impuls etc. În procesul mişcării, condensările corpusculare se formează şi se dezintegrează mereu, drept care nu li se poate aplica noţiunea de traiectorie. Proprietăţile ondulatorii şi corpusculare ale particulelor, care se observă la nivelul cuantic, ar putea fi reprezentate, după părerea lui Bohm, ca manifestare a mişcării unor obiecte mai complexe, existînd la un nivel mai profund al materiei şi constituind o sinteză a continuului şi a discretului, adică a proprietăţilor corpusculare şi ondulatorii. Bohm este de părere că desăvîrşirea construcţiei acestui model ar da răspuns la observaţia critică potrivit căreia „un model în care unda şi particula sînt considerate ca entităţi radical diferite interacţionînd într-un mod neesenţial pentru existenţa lor“[28], nu este prea plauzibil.

Ideile dezvoltate de Bohm nu sînt decît contururile unui program pentru construirea unei teorii fizice a particulelor „elementare“ şi de aceea ar fi prematur să facem aprecieri definitive asupra meritelor şi deficienţelor lor. Credem totuşi că anumite consideraţii ar putea fi exprimate de pe acum. Nu putem să nu aprobăm încercarea de a interpreta teoria cuantică actuală pe baza recunoaşterii obiectivităţii, a cognoscibilităţii şi determinării cauzale a microproceselor. Dar ar fi o greşeală să ne închipuim că mecanica cuantică actuală ar fi incompatibilă cu principiul cauzalităţii şi să punem pe această bază problema construirii unei teorii dinamice a microobiectului individual. Mecanica cuantică de astăzi reflectă, într-o formă complicată şi mediată, conexiunile cauzale din microprocese, şi sarcina noastră constă în primul rînd în a elucida particularităţile acestei reflectări.

Bohm caută explicaţia particularităţilor mişcării microparticulelor la nivelul cuantic, în natura specifică a mişcării obiectelor la un nivel profund, subcuantic. Dar aici se pune problema particularităţilor mişcării acestor nivele subcuantice. Mai departe, Bohm separă şi chiar opune întîmplătorul necesarului şi cauzal-determinatului.

După Bohm, „întîmplarea“ este o formă foarte răspîndită de factori neesenţiali, ea este „ceea ce ar putea să fie altfel“. Cauzalitatea, dimpotrivă, „este o formă particulară, dar foarte răspîndită a necesităţii“. D. Bohm arată că „factorul neesenţial“, întîmplarea, este opus noţiunii de „necesitate“. El face distincţie apoi între „legi cauzale“ şi „legi ale hazardu-

[28] D. Bohm, *op. cit.*, p. 174.

Scanned with OKEN Scanner

lui". S-ar putea crede că întîmplătorul ar fi situat în afara „legii cauzale", ceea ce, bineînțeles, este greșit din punctul de vedere al teoriei marxiste asupra cauzalității. Ar fi greșit, de asemenea să ignorăm dialectica întîmplării și a necesității. Această tratare a cauzalității, a întîmplării, a necesității s-a răsfrînt, după opinia noastră, asupra consecvenței științifice a concepțiilor lui Bohm referitoare la natura statisticității mecanicii cuantice.

După cum am mai arătat, M. Planck, P. Langevin și A. Einstein au criticat concepțiile agnostice și indeterministe din mecanica cuantică. Analizînd problema cauzelor statisticității mecanicii cuantice, ei au exprimat ideea că dificultățile interpretării mecanicii cuantice apar pentru că școala de la Copenhaga raportează funcția de undă la o microparticulă individuală și nu la un ansamblu de particule. Dacă vom raporta însă funcția de undă la un ansamblu de microparticule, va dispărea necesitatea de a recurge la noțiunea de „necontrolabilitate". În acest caz caracterul statistic al mecanicii cuantice poate fi explicat prin aceea că ea reflectă comportarea unui mare ansamblu de particule și nu pe a unei microparticule individuale, la fel cum legile statistice ale fizicii clasice reflectă legile comportării unui mare ansamblu de obiecte clasice. „Dacă... funcția ψ nu dă decît o afirmație *statistică* asupra unor mărimi măsurate, cauza nu trebuie căutată în faptul că *procesul de măsurare* ar introduce elemente necunoscute, accesibile numai statisticii — scrie Einstein — ci tocmai în faptul că funcția ψ nici nu descrie starea unui sistem individual". Și mai departe: „Ecuația lui Schrödinger definește variația în timp a unui *ansamblu de sisteme*..." (sublinierea noastră — *Aut.*)[29]. Această idee a fost elaborată de fizicianul sovietic Nikolski și dezvoltată în lucrările lui D. I. Blohințev sub forma concepției „ansamblelor cuantice".

În conformitate cu această concepție se exprimă părerea că statisticitatea mecanicii cuantice este expresia faptului că ea este teoria unor ansamble de microobiecte, nu teoria unor microobiecte izolate, individuale.

Altul este punctul de vedere al lui V. A. Fok. El este de părere, după cum am mai menționat, că funcția de undă nu se referă la un ansamblu, ci la un obiect individual, caracterizînd probabilitățile diverselor comportări ale acestuia în condiții exterioare concrete. V. A. Fok a arătat că a

[29] A. Einstein, *Fizica și realitatea*, în „Pod znamenem marksizma", nr. 11—12, 1937, p. 126.

Scanned with OKEN Scanner

recunoaşte raportarea funcţiei de undă la o microparticulă individuală nu ne conduce cu necesitate la recunoaşterea existenţei interacţiunii necontrolabile dintre macroaparat şi microparticulă. După cum a remarcat just V. A. Fok, recunoaşterea „necontrolabilităţii" este legată de încercările lui Bohr şi Heisenberg de a extinde asupra microobiectelor noţiunea clasică de punct material: se vorbeşte despre microparticulă, ca şi cum ar avea valori determinate dar necunoscute nouă, ale coordonatelor şi ale impulsurilor. Dacă recunoaştem însă natura duală a microparticulelor şi înţelegem corect semnificaţia funcţiei de undă, toate dificultăţile din interpretarea mecanicii cuantice dispar — subliniază V. A. Fok. Care este semnificaţia funcţiei de undă? Vom consacra acestei probleme paragraful următor.

6. Ecuaţia lui Schrödinger — expresie a conexiunii cauzale în microprocese

Pentru a clarifica semnificaţia funcţiei de undă, trebuie să recurgem la noţiunea de probabilitate, deoarece funcţia de undă ne dă o caracterizare probabilistică a comportării microparticulei. Noţiunea de probabilitate în legătură cu problema legilor statistice a fost analizată în capitolul *Legile statistice şi legile dinamice în fizică*. Aici trebuie să subliniem că probabilitatea este o caracteristică numerică a unei posibilităţi reale a comportării obiectului în cutare sau cutare condiţii. Altfel spus, probabilitatea este măsura posibilităţii realizării unui anumit eveniment în cutare sau cutare condiţii. Noţiunea de probabilitate, ca măsură a posibilităţii, este strîns legată de categoriile filozofice de posibilitate şi realitate. Posibilitatea este ceea ce se poate realiza în prezenţa unor condiţii determinate. Realitatea este posibilitatea gata înfăptuită. Orice proces de mişcare, de schimbare, de dezvoltare este un proces de transformare a uneia dintre posibilităţi în realitate, iar aceasta, la rîndul ei, conţine posibilitatea schimbărilor, a dezvoltării viitoare. Noţiunile de posibilitate şi de realitate reflectă două laturi determinate, legate între ele, ale mişcării şi ale dezvoltării fenomenelor din lumea reală. Posibilitatea unei comportări anumite a unui lucru este determinată atît de natura interioară a lucrului, cît şi de condiţiile exterioare în care el se află. Dintr-o sămînţă de mărăcine nu poate creşte un trandafir; în absenţa oxigenului nu poate avea loc un proces de ardere. Fiecărui obiect concret, aflat

Scanned with OKEN Scanner

în condiții riguros fixate îi corespunde o posibilitate determinată. Dacă respectivul obiect se poate afla în condiții diferite, el va poseda posibilități diferite pentru mișcarea, pentru dezvoltarea sa.

Din întreaga mulțime de posibilități de dezvoltare ale unui lucru într-o direcție dată, se realizează numai o singură posibilitate, pentru înfăptuirea căreia este necesar un ansamblu de condiții pe deplin determinate și fără de care respectiva posibilitate nu se poate transforma în realitate. Recunoașterea posibilității obiective a apariției unor anumite fenomene în natură este legată în mod necesar de recunoașterea existenței conexiunilor legice, cauzale obiective între fenomene.

Dacă lumea ar fi imperiul haosului unor fenomene absolut întîmplătoare, lipsite de conexiuni necesare, cauzale, atunci orice fenomen ar fi, în condiții date, la fel de posibil și de imposibil. Noțiunea de posibilitate ar fi atunci fără sens.

Posibilitatea determinată a unei comportări anumite a obiectului este creată de existența în natură a unor conexiuni legice, cauzale obiective, datorită cărora respectivele obiecte, în condiții determinate, conțin anumite posibilități. Negarea existenței conexiunilor legice, cauzale obiective ale fenomenelor naturii conduce inevitabil la negarea existenței posibilităților obiective.

Cunoașterea posibilităților obiective ale comportării unui lucru ne permite să ne facem o idee despre viitorul acestuia. De aceea, categoria de posibilitate are o mare importanță pentru reflectarea comportării obiectului în viitor, dacă este cunoscută comportarea sa în prezent și cunoaștem toate condițiile posibile în care el se poate afla. Pentru evaluarea cantitativă a realizării unei anumite posibilități de comportare a obiectului în cutare sau cutare condiții, recurgem la noțiunea de probabilitate. Probabilitatea este măsura posibilităților reale ale unei anumite comportări a obiectului în cutare sau cutare condiții.

Așadar, probabilitatea se referă la un obiect individual și caracterizează comportarea sa posibilă. Această teză ne va permite să elucidăm semnificația funcției de undă. Funcția de undă, care este o caracteristică probabilistică a microobiectului, se referă la un obiect individual și caracterizează comportarea sa posibilă într-o ambianță concretă. Aici trebuie să avem în vedere că ambianța microobiectului în mecanica cuantică este reflectată cu ajutorul noțiunilor și legilor fizicii clasice.

Scanned with OKEN Scanner

Funcţia de undă reflectă ansamblul de posibilităţi ale microobiectului într-o ambianţă macroscopică dată.

Dar ce este ansamblul de posibilităţi ale microparticulei? Putem explica aceasta folosind ca exemplu experimentul de difracţie a unor electroni emişi succesiv. Pentru un electron care tocmai a fost emis din sursa de electroni, există posibilitatea de a da o scînteiere în orice punct al inelelor luminoase de pe imaginea de difracţie. Fiecărui punct al inelelor luminoase îi va corespunde posibilitatea scînteierii generate de un electron în acest punct. Ansamblul tuturor punctelor ecranului în care poate avea loc scînteierea unui electron considerat formează ansamblul scînteierilor posibile, căruia îi va corespunde ansamblul mişcărilor posibile ale electronului (această mişcare nu seamănă cu mişcarea punctului material din mecanica clasică). Ansamblul de scînteieri posibile ale electronului este caracterizat prin funcţia de undă. În cazul mişcării unui singur electron se realizează doar o singură posibilitate: electronul generează o scînteiere într-un punct al ecranului. Pentru a realiza întregul ansamblu de posibilităţi ale respectivului electron, adică pentru a transforma ansamblul posibilităţilor în realitate, trebuie să repetăm nemărginit experimentul, sau să reproducem simultan un număr nemărginit de experimente identice. Aşadar, pentru realizarea, adică pentru transformarea în realitate a ansamblului de posibilităţi ale respectivului electron, avem nevoie de un ansamblu de electroni.

În interpretarea mecanicii cuantice nu putem separa reflectarea mişcării unei particule anumite de considerarea mişcării unui ansamblu de particule. În această lumină, divergenţele dintre D. I. Blohinţev şi V. A. Fok cu privire la semnificaţia funcţiei de undă par să provină, în mare măsură, din faptul că autorii îşi concentrează atenţia asupra unor laturi diferite ale reflectării proceselor cuantice. Afirmînd că funcţia de undă se referă la un microobiect individual, V. A. Fok subliniază momentul reflectării în mecanica cuantică a posibilităţilor unei anumite comportări a microparticulei, în condiţii macroscopice date. Afirmînd că funcţia de undă se referă la un ansamblu de microparticule, D. I. Blohinţev subliniază condiţiile transformării posibilităţilor unei microparticule individuale în realitate. Dar, deoarece posibilitatea şi realitatea sînt două laturi interdependente ale proceselor materiale, adevărul constă în a considera în unitatea lor

Scanned with OKEN Scanner

reflectarea posibilităţilor particulei individuale şi realizarea acestor posibilităţi de către un ansamblu de microparticule. Dar şi această interpretare a semnificaţiei funcţiei de undă nu suprimă încă problema cauzelor statisticităţii mecanicii cuantice. În adevăr, rămîne neelucidată problema cauzelor pentru care o microparticulă individuală are, într-o ambianţă macroscopică determinată, un ansamblu de posibilităţi pentru reprezentarea căruia recurgem la metode statistice, în timp ce pentru un obiect mecanic aflat în condiţii determinate nu există decît o singură posibilitate, care-şi găseşte expresia într-o lege dinamică. Prin conţinutul ei, această problemă echivalează cu problema naturii, a cauzelor statisticităţii mecanicii cuantice.

D. I. Blohinţev consideră că „... statisticitatea cuantică îşi are fundamentul în interdependenţa micro- şi macrofenomenelor"[30]. În esenţă, aceeaşi concepţie asupra mecanicii cuantice este dezvoltată şi de S. V. Vonsovski: „În actuala mecanică cuantică avem posibilitatea, deocamdată, să studiem numai legile obiective ale microfenomenelor, care sînt determinate de conexiunile şi de relaţiile microparticulelor sau ale sistemelor de microparticule, cu ambianţa lor macroscopică"[31].

La prima vedere se poate crea impresia că explicarea cauzelor statisticităţii mecanicii cuantice, după Blohinţev, ar fi un tribut plătit concepţiei de la Copenhaga a „necontrolabilităţii" interacţiunii macroaparatului cu microparticula. Şi într-o interpretare, şi în cealaltă este recunoscută existenţa unei interdependenţe, a unei interacţiuni dintre micro- şi macrocorpuri. Da, în acest punct cele două interpretări converg. Dar în recunoaşterea interdependenţei, a interacţiunii micro- şi macroobiectelor, nu există nimic cu care un materialist să nu poate fi de acord. Subiectivismul lui Bohr şi al lui Heisenberg nu constă în recunoaşterea existenţei interacţiunii dintre macro- şi microobiecte, ci în considerarea acestei interacţiuni ca fiind principial necontrolabilă.

Noţiunea de interdependenţă, de interacţiune înseamnă acţiunea reciprocă exercitată de un obiect asupra altuia şi a acestuia din urmă asupra celui dintîi ($A \rightleftarrows B$), în urma căreia se produce o schimbare a acestor obiecte. „Interacţiunea este o relaţie cauzală pusă în dezvoltarea ei deplină"[32] remarcă Hegel. Interacţiunea microparticulelor cu macroambianţa de-

---

[30] Culegerea „Filozofskie voprosî sovremennoi fiziki", 1952, p. 377.
[31] Culegerea „Nekotorie filozofskie voprosî estestvoznaniia", 1957, p. 153.
[32] Hegel, *Opere*, vol. I, Gosizdat, M., 1939, p. 259.

termină necesarmente o modificare a mișcării particulei și a stării macroambianței.

Așadar, există o conexiune cauzală între interacțiunea microparticulei cu macrocorpul și modificarea mișcării ei. Interacțiunea microparticulei cu macrocorpul este cauza, iar modificarea mișcărilor microparticulei este efectul. Afirmarea existenței unei interacțiuni a micro- și a macrocorpurilor înseamnă, în fapt, recunoașterea conexiunii cauzale dintre interactiunea microparticulelor cu ambianța lor macroscopică și modificarea mișcării microparticulei. În această privință interacțiunea microobiectelor cu macroambianța nu se deosebește prin nimic de interacțiunea corpurilor macroscopice pe care o studiază fizica clasică.

Dar în interacțiunea microparticulelor cu macrocorpurile există o trăsătură specială, care determină statisticitatea mecanicii cuantice. Această particularitate constă în faptul că rezultatul interacțiunii microparticulei cu macroambianța nu este univoc, chiar dacă ambianța macroscopică este fixată. În adevăr, în interiorul unei macroambianțe concrete se desfășoară microprocese care exercită o influență esențială asupra comportării microobiectului considerat, dar sînt neesențiale pentru ansamblul macroambianței, privite din punctul de vedere al fizicii clasice. Aceasta face ca respectiva ambianță macroscopică să poată fi realizată prin tot felul de combinații de microprocese, aceste combinații deosebindu-se una de alta la nivel microscopic, dar fiind indiscernabile la nivelul macroscopic. Fiecare combinație concretă de microprocese, care se produc în cadrul unei ambianțe macroscopice date, generează o comportare pe deplin determinată a microobiectului. Interacțiunea microobiectului cu microprocesele care constituie macroambianța îi determină comportarea. Ansamblului de combinații de microprocese prin care poate fi realizată o anumită macroambianță îi corespunde un ansamblu de mișcări determinate ale microobiectului, sau, altfel spus, ansamblului de cauze îi corespunde un ansamblu de efecte. Prin urmare, unei ambianțe macroscopice date, care poate fi realizată prin diverse combinații de microprocese, îi corespunde un ansamblu de mișcări posibile ale microobiectului, un ansamblu de efecte posibile, care este reprezentat cu ajutorul funcției de undă. În cazul mișcării microparticulei se realizează numai una dintre posibilități, anume aceea care corespunde la momentul considerat combinației de microprocese constitutive ale macroambianței.

Scanned with OKEN Scanner

În conformitate cu aceste concepţii, caracterul statistic al mecanicii cuantice este expresia faptului că, pe de o parte, mişcarea fiecărui microobiect individual depinde de interacţiunea sa cu un număr imens de microprocese care constituie ambianţa sa efectivă, iar pe de altă parte, mecanica cuantică actuală consideră ambianţa microobiectului pe plan macroscopic, fără a se ocupa în amănunt de structura ei microscopică. Importanţa formulărilor lui D. I. Blohinţev şi S. V. Vonsovski în problema originii statisticităţii legii mecanicii cuantice constă în faptul de a arăta că este posibilă o justificare consecventă din punct de vedere logic, care să nu contrazică faptele ştiinţifice, a statisticităţii cuantice, pe calea recunoaşterii determinării legice cauzale a fiecărui microproces individual. Aceasta face să devină nefundată declaraţia unor fizicieni şi filozofi din străinătate, care consideră că statisticitatea mecanicii cuantice ar fi incompatibilă cu principiul cauzalităţii.

Afirmaţia că statisticitatea mecanicii cuantice are ca fundament obiectiv o interacţiune a obiectului în domeniul atomic în urma căreia nu putem izola un obiect în domeniul atomic, în măsura în care aceasta este posibil în sfera macroscopică, este unanim acceptată în rîndurile fizicienilor sovietici. „Pare să fie fundamental însuşi faptul imposibilităţii principiale de a izola sistemul“ — subliniază I. M. Lifşiţ şi L. M. Piatigorski[33].

Recunoaşterea imposibilităţii de a izola microobiectul arată că şi în cazul cînd există parametri cu ajutorul cărora putem descrie mişcarea microobiectelor sub forma unei legi dinamice, aceşti parametri trebuie să exprime interacţiunea microobiectelor cu ambianţa lor. Dar, chiar dacă s-ar demonstra că elaborarea unei teorii dinamice a microobiectului individual este, din cutare sau cutare cauze, imposibilă, aceasta nu ar însemna că procesele din domeniul cuantic ar fi lipsite de cauză. Însuşi faptul că mişcarea microparticulei este caracterizată prin funcţia de undă, care reflectă anumite posibilităţi obiective ale microparticulei, este expresia determinării cauzale a comportării particulei. Fără cauze obiective, fără conexiuni legice în microprocese, microobiectul nu ar avea posibilităţi obiective determinate, iar mişcarea şi comportarea sa nu ar putea fi caracterizate cu ajutorul funcţiei de undă. Ecuaţia lui Schrödinger ne permite ca pe baza valorii iniţiale

[33] Culegerea „Filozofskie voprosî sovremennoi fiziki“, Kiev, 1956, p. 92.

a funcției de undă să determinăm valoarea ei la orice moment ulterior. Aceasta înseamnă că valorii inițiale a funcției de undă, în condiții exterioare fixate, îi corespunde o valoare unică a funcției de undă la fiecare moment ulterior. Dacă vom generaliza acum noțiunea de stare din fizica clasică, astfel încît ea să conțină starea reflectată de funcția de undă, vom putea spune că ecuația lui Schrödinger reflectă sub forma unei legi dinamice legătura dintre stările obiectului cuantic.

Această ecuație reflectă variația în timp și în spațiu a ansamblului de posibilități obiective ale unui microobiect individual aflat într-o ambianță anumită. El reflectă legile reale ale mișcărilor ansamblului de microobiecte, deci într-o formă mediată, ale unui microobiect individual. De aceea, credem că afirmația lui V. A. Fok potrivit căreia „noul" principiu al cauzalității „...se referă direct la probabilități, adică la evenimente potențial posibile, și nu efectiv realizate"[34], trebuie completată cu afirmația că ecuația lui Schrödinger reflectă, într-o formă mijlocită, conexiunile cauzale reale din microprocese. Fiecărei forme de procese materiale îi corespund forme specifice de conexiuni cauzale, care se reflectă în mod diferit în ramurile concrete ale științelor naturii. De exemplu, în mecanica clasică, conexiunile cauzale sînt reflectate de legile lui Newton, pe cînd în mecanica cuantică ele sînt reflectate de ecuația lui Schrödinger. Într-un caz și în altul sînt reflectate conexiuni cauzale obiective, aflate în lucruri înseși. Deosebirea dintre formele de reflectare constă în faptul că, în mecanica clasică este reflectată comportarea obiectului în mod nemijlocit, cu ajutorul unor mărimi care definesc univoc obiectul mecanic, pe cînd în mecanica cuantică comportarea microobiectului în interacțiuni concrete este caracterizată în mod mijlocit, prin reflectarea modificării legice a posibilităților microobiectului. Însă posibilitățile unei anumite comportări a obiectului într-o anumită ambianță dată sînt determinate, după cum subliniază chiar V. A. Fok, „de proprietățile interne ale obiectului individual considerat și de aceste condiții exterioare" și deci variația în timp a ansamblului de posibilități ale microobiectului exprimă modificarea de-a lungul timpului a proprietăților interioare ale microobiectului și ale condițiilor.

Existența conexiunilor cauzale reale în microprocese este confirmată de toată mulțimea de date ale activității practice

---

[34] V. A. Fok, *Despre interpretarea mecanicii cuantice*, în culegerea: „Filozofskie problemî sovremennogo estestvoznaniia", M., 1959, p. 229.

Scanned with OKEN Scanner

de producție a oamenilor. Noi nu ne mărginim să observăm că un anumit microproces este urmat de un altul, de aceeași specie, ci putem noi înșine să declanșăm un anumit microproces, creîndu-i cauzele. Astfel, noi nu ne mărginim să constatăm că interacțiunea unui electron cu un pozitron generează o pereche de fotoni, ci putem noi înșine să obținem o pereche de fotoni, făcînd un electron să interacționeze cu un pozitron.

Realizarea radioactivității artificiale, obținerea și utilizarea practică a energiei intranucleare, uriașele succese practice ale electronicii, ale fizicii corpului solid și ale altor capitole din fizică, care se ocupă de studiul microproceselor atestă existența conexiunilor cauzale obiective în microprocese.

Cauzalitatea domnește atît în domeniul macrofizicii, cît și în domeniul microfizicii. În natură nu există fenomene fără cauze. Există numai fenomene ale căror cauze nu le cunoaștem încă, dar care, mai curînd sau mai tîrziu, vor fi cunoscute grație eforturilor comune și continue ale științei, care se dezvoltă pe baza practicii de producție.

Scanned with OKEN Scanner

VII. Lupta filozofică în jurul problemei cauzalității în fizica cuantică

Mecanica cuantică actuală, creată de Heisenberg, Schrödinger, Bohr, Dirac, este o teorie închegată a fenomenelor la scara atomică.

Poate că, dată fiind maturitatea actualei mecanici cuantice, unii autori exprimă părerea că ea nu ar mai prezenta interes pe plan filozofic. În această privinţă, primul loc ar trebui să-l ocupe teoria cuantică a cîmpului, care se dezvoltă din mecanica cuantică şi din teoria relativităţii şi care pune în prezent noi probleme filozofice. Se spune de asemenea că „epoca noii mecanici cuantice" l-a ocolit pe Einstein, deoarece el a consacrat ultimele patru decenii ale vieţii sale exclusiv teoriei unitare a cîmpului, iar în mecanica cuantică a căutat contradicţii — cu perseverenţă şi fără rezultat.

Faptele însă atestă contrariul. Einstein, care a creat teoria relativităţii şi a adus o contribuţie uriaşă la dezvoltarea fundamentelor atomisticii timpului nostru, a găsit contradicţii nu în mecanica cuantică însăşi, ci în interpretarea legilor ei, dată de Bohr şi de Heisenberg şi cunoscută sub denumirea de „interpretarea de la Copenhaga". Einstein a pus în mod justificat această concepţie în legătură cu pozitivismul şi cu subiectivismul, pe care le-a combătut activ, mai ales spre sfîrşitul vieţii.

Faptul că există neclarităţi şi divergenţe în problema fundamentelor mecanicii cuantice între cei mai mari fizicieni ai contemporaneităţii a fost relevat de L. I. Mandelstam în 1939, cînd mecanica cuantică era de mult o teorie constituită. În ultimul timp, parţial sub influenţa discuţiilor consacrate problemelor fizicii în presa sovietică, numeroşi savanţi din diferite ţări au luat poziţie împotriva concepţiilor filozofice în aparenţă de nezdruncinat, pe care Bohr şi Heisenberg le profesează în mecanica cuantică.

Astfel, L. de Broglie — autorul celebrei idei a proprietăţilor ondulatorii ale materiei — a luat poziţie cu hotărîre, după 1950, împotriva indeterminismului caracteristic pentru concepţiile pozitiviste ale mecanicii cuantice şi s-a pronunţat

Scanned with OKEN Scanner

direct în favoarea cauzalității ca idee directoare în interpretarea mecanicii cuantice.
Problemele filozofice ale mecanicii cuantice sînt tratate în articolul lui Heisenberg *Dezvoltarea interpretării teoriei cuantice*, publicat în 1955 în culegerea consacrată celei de-a 70-a aniversări a lui N. Bohr. În acest articol, Heisenberg cercetează, sub aspect filozofic, principalele direcții din mecanica cuantică, analizînd lucrări ale unor fizicieni sovietici și străini. În această ordine de idei, merită cea mai serioasă atenție articolul lui N. Bohr *Fizica cuantică și filozofia (Cauzalitate și complementaritate)*, publicat în numărul din ianuarie 1959 al revistei „Uspehi fiziceskih nauk".
În sfîrșit, în ultimii ani, în multe reviste din străinătate, de exemplu în „Physikalische Blätter", au apărut lucrări ale lui Born și ale altor fizicieni cunoscuți, în legătură cu problemele filozofice ale mecanicii cuantice.
Așadar, afirmația că mecanica cuantică și-ar fi pierdut interesul filozofic în zilele noastre nu are o bază serioasă.
În mecanica cuantică, ca și în întreaga fizică actuală, se desfășoară o luptă neîmpăcată între materialism și idealism. Pe acest plan prezintă o mare importanță filozofică problema cauzalității, care ocupă un loc de seamă în actualele discuții din domeniul teoriei cuantice.

1. Realitatea obiectivă și determinarea fenomenelor

În problema conexiunii fenomenelor naturii, a legității, a necesității, a cauzalității ei, ca și în celelalte probleme filozofice, există două linii principale: cea materialistă și cea idealistă. Recunoașterea realității obiective a fenomenelor naturii, a lumii exterioare conduce la recunoașterea conexiunii obiectiv reale, a necesității, a cauzalității, a determinismului fenomenelor naturii. Materialismul filozofic, dezvoltat consecvent, nu poate fi despărțit de determinismul materialist. Și, dimpotrivă, negarea realității obiective, a lumii exterioare, considerarea naturii ca fiind derivată din spirit, din conștiință, conduce la concepția potrivit căreia conștiința „creează" legile, că spiritul introduce ordine în „haosul primitiv" al naturii. Idealismul dezvoltat consecvent conduce inevitabil la indeterminism.
Nu este întîmplător faptul că fizicienii care înclină spre idealism, adică văd în noțiunile și în teoriile științei nu

Scanned with OKEN Scanner

o reflectare a realităţii obiective, ci numai simboluri, semne etc., pentru „ordonarea experienţei", ajung la concluzia fie că determinismul nu are nici o importanţă cu aplicare la fenomenele naturii, fie că importanţa sa este limitată. Ei ajung la concluzia că principiul cauzalităţii ar acţiona numai în sfera ideală, care nu are legătură cu lumea reală etc. Concluziile de acest fel s-au transformat în concepţii filozofice la filozofii burghezi contemporani[1], atunci cînd fizica a pătruns în domeniul atomic şi a început să cerceteze fenomene care nu sînt percepute nemijlocit şi despre care aflăm, exclusiv din indicaţiile aparatelor, aprecierile noastre asupra acestor indicaţii neîncadrîndu-se în reprezentările teoretice ale fizicii clasice.

Dar concepţia materialist-dialectică asupra conexiunii universale, ca şi asupra realităţii obiective în genere, se deosebeşte esenţial de felul cum le înţelege materialismul metafizic mecanicist. Materialismul mecanicist reduce realitatea obiectivă la o substanţă imuabilă, la particule constante, care se mişcă după legi stabilite o dată pentru totdeauna, şi asimilează, în mod corespunzător, conexiunea cosmică direct conexiunii necesare, reprezentînd lumea sub forma unui mecanism gigantic. Engels a dat determinismului de acest gen denumirea de „determinism mecanic". Pentru determinismul mecanic, conexiunile din natură se reduceau, în ultimă instanţă, la relaţiile pe care le cerceta mecanica clasică. Mecaniciştii negau realitatea obiectivă a întîmplării şi recunoşteau necesitatea — identificată de ei cu cauzalitatea — numai în forma ei nemijlocită, abstractă. Kant şi Hume, pe care îi invocă frecvent idealiştii contemporani, considerînd că doctrina acestor filozofi asupra cauzalităţii ar fi neîntrecută, au elaborat o concepţie mecanicistă asupra conexiunii universale, răpindu-i însă fundamentul materialist.

Filozofia marxistă a dezvoltat o concepţie cu totul diferită asupra conexiunii reale obiective, asupra necesităţii, legităţii, cauzalităţii. Materialismul dialectic neagă orice „imuabilităţi" metafizice şi recunoaşte ca imuabil un singur lucru: existenţa lumii exterioare care se dezvoltă etern şi care este reflectată de conştiinţa umană (atunci cînd aceasta există). În conformitate cu această postulare, conexiunea universală reală este considerată de filozofia marxistă ca fiind infinit de bogată şi multilaterală prin caracterul ei real, ea dezvăluindu-i omului,

[1] Vezi de exemplu, H. Reichenbach, *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics*, Berkeley and Los Angeles, 1946.

care cunoaşte, forme şi laturi mereu noi ale conţinutului. Cauzalitatea este una dintre aceste forme. Ea nu epuizează conexiunea universală şi este cunoscută, ca şi toate celelalte forme de conexiune, tot mai complet şi mai precis, cu fiecare pas înainte al ştiinţei şi al practicii. Filozofia marxistă subliniază legătura cauzalităţii cu celelalte forme de conexiune universală, precum şi tranziţiile reciproce dintre cauză şi efect. Deşi cauzalitatea nu există în afara necesităţii, ea nu este identică cu aceasta. Ea determină şi fenomene întîmplătoare, care există obiectiv, reprezentînd o formă de manifestare şi de completare a necesităţii.

În capitolele precedente s-a arătat că toate aceste teze ale materialismului dialectic sînt confirmate de mecanica cuantică. Mai mult chiar, materialismul dialectic a scos mecanica cuantică din impasul indeterminist, în care a căutat să o împingă filozofia idealistă contemporană, şi a permis să se rezolve problemele filozofice specifice în faţa cărora se oprise materialismul mecanicist.

Relaţia de nedeterminare, descoperită de Heisenberg, ecuaţia de undă a lui Schrödinger, legile statistice specifice ale mecanicii cuantice constituie un nou jalon în cunoaşterea progresivă de către om a conexiunii cauzale, legice, necesare şi obiectiv reale. Noţiunile de ordine, legitate, cauzalitate etc. în fizică nu trebuie neapărat să fie exprimate numai prin mărimile şi prin relaţiile mecanicii clasice, pe care materialismul mecanicist a luat-o, în fond, ca punct de plecare. Aceste noţiuni pot fi exprimate, între altele, şi prin intermediul mărimilor şi al relaţiilor mecanicii cuantice, care reflectă mai profund şi mai adecvat materia în mişcare; astfel, noţiunile de „ordine", „legitate", „cauzalitate" capătă un conţinut nou pe care teoria clasică nu putea să-l cunoască. Cu alte cuvinte, mecanica cuantică reflectă conexiuni pe care nu putea să le sesizeze mecanica clasică. Este în afară de orice îndoială că pătrunderea tot mai departe a cunoaşterii umane în adîncul materiei dezvăluie de pe acum şi va dezvălui în viitor conexiuni noi, şi mai profunde, şi mai generale, necunoscute mecanicii cuantice. Faptul este atestat de fizica particulelor „elementare", care se dezvoltă astăzi impetuos. În mod corespunzător vor fi supuse unei noi şi profunde modificări noţiunile de cauzalitate, ordine, lege, sub aspectul conţinutului lor din fizică.

În ţările capitaliste, succesele fizicii atomice au dus la concluzii idealiste, potrivit cărora determinismul ar fi dat faliment în

Scanned with OKEN Scanner

ce privește aplicarea sa la fenomenele atomice, iar principiul cauzalității, chiar dacă a rămas în picioare, el a rămas numai în domeniul reprezentărilor matematice asupra atomului. În cazul de față, pentru a parafraza o expresie a lui Langevin, idealismul „fizic" a restituit cu dobîndă idealismului filozofic ceea ce împrumutase de la el. Pe acest plan vom pune față în față materialismul dialectic cu concepțiile unor fizicieni și filozofi contemporani de peste hotare asupra cauzalității.

Heisenberg, de exemplu, consideră noțiunile de realitate obiectivă și de cauzalitate (luate împreună) ca fiind proprii numai fizicii clasice. Cît despre mecanica cuantică, Heisenberg este de părere că aici „obiectivul" și „realul" se separă unul de celălalt: „obiectivul" se conservă numai pentru reprezentarea atomului cu ajutorul funcției de undă (matematic), iar „realul" rămîne numai pentru descrierea proceselor atomice în termenii noțiunilor clasice (sau în termenii spațiului și timpului)[2]. Potrivit acestui punct de vedere, cauzalitatea nu guvernează evenimentele în spațiu și în timp, ci acționează formal în sfera matematicii atomului[3]; evenimentele în spațiu și în timp se supun doar legilor statistice.

Ideile lui Heisenberg despre „obiectivitatea" atomului sînt foarte apropiate — autorul lor a atras în repetate rînduri atenția asupra acestui fapt[4] — de filozofia lui Platon. Totodată, este important să relevăm următorul aspect al concepțiilor lui Heisenberg. Reprezentarea simbolică prin funcția de undă (și prin cauzalitate) exclude, cum am văzut, după Heisenberg, descrierea proceselor atomice în termenii noțiunilor clasice (corpusculare). După Heisenberg, aceste descrieri sînt laturi complementare, în sensul că numai ansamblul lor ne permite să soluționăm problemele din domeniul teoriei atomice.

Filozoful pozitivist H. Reichenbach polemizează cu Heisenberg și consideră că în cazul cînd cauzalitatea există, existența ei nu este formală, ci reală, și ea guvernează evenimentele în spațiu și în timp. Prin interpretare în limitele observabilului, raționează Reichenbach, „este posibilă completarea cauzală a statisticității observate". În fizica clasică, afirmă el, această „completare cauzală" există; în mecanica cuantică însă, ea nu există și nu există fiindcă principiul cauzalității

---

[2] Vezi W. Heisenberg, *Dezvoltarea interpretării teoriei cuantice*, în culegerea „Niels Bohr și dezvoltarea fizicii", M., IL, 1958.
[3] Vezi Idem, *Naturbild der heutigen Physik*, Hamburg, 1955, p. 25.
[4] Vezi, de exemplu, W. Heisenberg, *Descoperirea lui Planck și problemele filozofice ale teoriei atomice*, UFN, 1958, vol. LXVI, fasc. 2.

Scanned with OKEN Scanner

ar însemna posibilitatea, cum susţine el, de a prevedea viitorul oricît de precis, iar în conformitate cu relaţia de nedeterminare „nu ne putem aştepta că vom fi capabili de a face predicţii ale observaţiilor viitoare“[5]. În comparaţie cu Heisenberg, Reichenbach face, aşadar, un pas înapoi, deoarece el anihilează antiteza dintre legile statistice şi cele dinamice, care-şi făcuse loc în raţionamentele lui Heisenberg.

Pe aceeaşi poziţie idealistă se situează şi cunoscutul fizician american P. Bridgeman dar el este departe de intuiţiile dialectice destul de numeroase în formulările lui Bohr, Heisenberg, Born şi ale multor reprezentanţi ai interpretării de la Copenhaga. După cum spune el, concluzia că în microcosm nu există cauzalitate „trebuie acceptată fără o idee preconceputâ şi fără pasiune, pur şi simplu, cum acceptăm orice alt fapt stabilit experimental“[6]. După Bridgeman, această concluzie corespunde pe deplin „noii înţelegeri a situaţiei“, care s-a format în cadrul cercetării experimentale a fenomenelor atomice, şi această înţelegere îşi găseşte expresia în teza ce susţine că „în domeniul lucrurilor celor mai mici, evenimentele nu pot fi prevăzute“[7].

Pozitivistul H. Margenau recunoaşte cauzalitatea în fizica clasică şi în cea cuantică, dar pentru el cauzalitatea nu este decît o relaţie între „construcţii“, una dintre „exigenţele metafizice“ pe care le avem faţă de „construcţiile ştiinţifice“; aceste construcţii sînt clădite de intelect în aşa fel încît ele „să genereze legi cauzale“[8].

Respingînd noţiunea de realitate obiectivă, recunoscută într-o oarecare formă denaturată de şcoala de la Copenhaga, Margenau se ridică şi împotriva ideii de complementaritate, mai exact împotriva caracterului antitetic al laturilor ei. Bohr, scrie el, se condamnă la o dilemă eternă: ori să renunţe în descrierea naturii la cauzalitatea în sensul fizicii clasice, ori să o descrie numai în sensul „stărilor abstracte, caracterizate prin funcţia de undă, care admite cauzalitatea“[9]. H. Margenau afirmă că ştiinţa ar fi ales a doua soluţie.

Prezintă un deosebit interes formulările fizicianului M. Born asupra cauzalităţii şi determinismului. El neagă determinismul pentru microfenomene. Determinismul, scrie el, este „un idol,

---

[5] H. Reichenbach, *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics*, p. 4.
[6] P. W. Bridgeman, *Reflexions of a Physicist*, New York, 1955, p. 225.
[7] *Ibidem*, p. 215.
[8] H. Margenau, *The Nature of Physical Reality*, New York — Toronto — London, 1950, p. 96.
[9] *Ibidem*, p. 421.

Scanned with OKEN Scanner

nu un ideal în cercetarea naturii și, de aceea, el nu poate servi ca obiecție împotriva interpretării statistice, în principiu indeterministe, a mecanicii cuantice“[10]. Și totodată, contrazicîndu-se în aparență, el recunoaște cauzalitatea în mecanica cuantică. „Concepția determinist-mecanică — citim la Born — a creat o filozofie care a închis ochii în fața unor fapte empirice evidente. Dar filozofia care neagă nu numai determinismul, ci totodată și cauzalitatea, ni se pare la fel de absurdă. Cred că există o definiție rezonabilă a relației dintre cauză și efect..., care constă în aceea că un anumit sistem depinde de altul...“[11].

Dacă vom încerca să găsim esențialul formulărilor citate mai sus, precum și al concepțiilor altor autori asupra cauzalității, care neagă pe planul realizărilor fizicii moderne conexiunea reală obiectivă, vom constata următoarele: în primul rînd, cauzalitatea este ruptă de lumea exterioară reală obiectivă și transformată într-un principiu situat deasupra naturii (iar lumea exterioară, fie că devine un derivat al conștiinței, al spiritului, al experienței, fie că este proclamată în esență incognoscibilă). În conformitate cu aceasta, cauzalitatea este identificată, într-un fel sau în altul, cu posibilitatea de a prezice ceea ce observăm. În al doilea rînd, se ignorează deosebirea dintre determinismul mecanic și determinismul în concepția materialismului dialectic. În al treilea rînd, cauzalitatea este confundată cu legea dinamică, cu care prilej ori cauzalitatea este opusă legii statistice, ori determinarea cauzală este interpretată ca medie statistică a unor fenomene elementare dezordonate.

În paragrafele următoare vom analiza problemele legate de aceasta; aici vom contura numai liniile care trebuie să definească analiza critică pe care o facem concepțiilor citate mai sus asupra cauzalității.

Ruperea cauzalității de lumea reală obiectivă, adică negarea conexiunii cauzale reale obiective, este o orientare idealistă a raționamentelor legate de principiul cauzalității. Orice lege este incompletă, îngustă, nu epuizează ansamblul fenomenelor, noțiunea de cauzalitate exprimă numai fragmentar omnilateralitatea conexiunii universale, dar cu toate acestea, legile, conexiunea cauzală există obiectiv, independent de rațiunea

---

[10] M. Born, *Die statistische Deutung der Quantenmechanik*, în „Physikalische Blätter“, nr. 5, 1955, p. 201.

[11] Idem, *Physik und Metaphysik*, în „Naturwissenschaftliche Rundschau“, nr. 8, 1955, p. 297.

Scanned with OKEN Scanner

care le cunoaşte. Omnilateralitatea conexiunii universale nu poate fi exprimată exhaustiv, o dată pentru totdeauna, de nici una dintre schemele teoretice ale determinismului, şi în aceasta se manifestă, printre altele, caracterul obiectiv al conexiunii universale a fenomenelor. Tocmai în această problemă deviază spre idealism fizicienii care nu cunosc materialismul dialectic şi pentru care şcoala de la Copenhaga ne oferă cea mai pregnantă ilustrare.

Astfel, Born nu este de acord cu determinismul mecanic. El se pronunţă — repetăm cuvintele sale — pentru recunoaşterea indeterminismului, concepînd acest termen în sensul legii statistice. Dar Born nu vrea sau nu poate să renunţe la legitate, necesitate, cauzalitate în natură, şi cere o nouă definiţie a relaţiei dintre cauză şi efect. Această aparentă inconsecvenţă a lui Born — recunoaşterea indeterminismului şi menţinerea cauzalităţii — se explică prin faptul că materialismul spontan care îl face pe Born să recunoască conexiunea cauzală obiectivă nu este în stare să rezolve problema contradicţiei dialectice legată de problema sintezei reprezentărilor corpusculare şi ondulatorii, a îmbinării legii dinamice cu cea statistică etc. Este o problemă care nu poate fi rezolvată decît de pe poziţiile materialismului dialectic, iar pentru Born şi pentru ceilalţi fizicieni ai şcolii de la Copenhaga, acesta (materialismul dialectic) rămîne o carte închisă cu şapte peceţi.

Se ştie că materialismul dialectic a dat soluţia problemei filozofice a cauzalităţii în mecanica cuantică. „Cauzalitatea, aşa cum este ea înţeleasă de noi în mod obişnuit, este numai o mică părticică a legăturii universale, dar . . . nu o părticică a legăturii subiective, ci a legăturii reale obiective“[12]. În aceste cuvinte ale lui Lenin este spus tot ce a căutat Born în problema cauzalităţii şi n-a fost în stare să găsească.

Rezolvarea problemei determinismului în mecanica cuantică presupune o analiză dialectică a necesităţii şi a întîmplării, a cauzei şi efectului, a posibilităţii şi a realităţii.

2. Problema realităţii obiective în mecanica cuantică şi determinismul

Fizicienii care înclină spre idealism şi care neagă cauzalitatea şi determinismul pentru fenomenele atomice confirmă în esenţă, în maniera lor, adevărul punctului de vedere mate-

[12] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 38, p. 152.

Scanned with OKEN Scanner

rialist, potrivit căruia realitatea obiectivă şi cauzalitatea reală, obiectivă sînt intim legate între ele. După cum am arătat în § 1 al acestui capitol, negarea realităţii obiective, respectiv a realităţii aşa cum o concepe materialismul dialectic, duce inevitabil la negarea conexiunii reale obiective, inclusiv a conexiunii cauzale reale obiective. Logica eliminării determinismului şi a categoriei de cauzalitate obiectivă din circuitul ştiinţei se întemeiază la reprezentanţii şcolii de la Copenhaga pe ideea necontrolabilităţii (de altfel, această idee are adepţi nu numai printre reprezentanţii interpretării de la Copenhaga).

Astfel, Heisenberg spune: „A raporta un anumit efect determinat la o cauză determinată are sens numai atunci cînd putem observa efectul şi cauza, fără a declanşa totodată în procesul observaţiei o influenţă perturbatoare". După Heisenberg, în fizica atomică, se întîmplă tocmai aceasta: procesul observării cauzei şi a efectului exercită o influenţă perturbatoare, care conduce la indeterminism[13]. În fizica clasică, subliniază el, „ordonarea experimentelor presupune procese obiective la baza lor, care decurg în spaţiu şi în timp". Dimpotrivă, în fizica atomică, „nu putem neglija cu nici un chip variaţiile introduse de noi în obiectul observat. Alegînd cutare sau cutare procedeu de observaţie, hotărîm ce proprietăţi ale naturii sînt determinate şi care se şterg în procesul observaţiei noastre. Această particularitate deosebeşte particulele cele mai mici ale materiei de domeniul noţiunilor noastre intuitive"[14].

Acelaşi lucru îl putem citi şi la Dirac. „Legea cauzalităţii — scrie el — poate fi aplicată numai într-un sistem nesupus la perturbaţii. Dacă sistemul este mic, este imposibil să-l observăm fără a introduce în el perturbaţii importante, deci nu ne putem aştepta ca între rezultatele observaţiilor să existe vreo conexiune cauzală. De aceea, în teoria cuantică are loc un indeterminism principial"[15].

Aşadar, apare sarcina de a cerceta ideea necontrolabilităţii — punctul central al interpretării de la Copenhaga — pe planul problemei cauzalităţii şi determinismului în mecanica cuantică.

Noţiunea de necontrolabilitate a apărut ca element com-

---

[13] W. Heisenberg, *Principiile fizice ale teoriei cuantice*, L.—M., Gostehizdat, 1932, p. 51.

[14] Idem, *Problemele filozofice ale fizicii atomice*, M., IL, 1953, p. 68.

[15] P. A. M. Dirac, *Elemente de mecanică cuantică*, Gostehizdat, M.—L., 1937, p. 12.

Scanned with OKEN Scanner

ponent al punctului de vedere asupra fenomenelor cuantice elaborat de Bohr, anume al principiului complementarității. Aplicarea noțiunilor fizicii clasice la fenomenele de la scara atomică a condus la contradicții de nerezolvat. Trebuie găsit un procedeu rațional, neafectat de contradicții, pentru a folosi noțiunile clasice în domeniul atomic. După cum cred adepții interpretării de la Copenhaga, acest procedeu a fost găsit sub forma principiului complementarității.

Fără a intra în amănunte, vom sublinia că acest principiu implică teza interacțiunii necontrolabile dintre microobiect și aparatul aparținînd uneia dintre clasele exclusive. Interacțiunea necontrolabilă permite, după părerea lui Bohr, să descriem într-un mod necontradictoriu comportarea microobiectelor (cu proprietățile lor corpusculare și ondulatorii) prin noțiunile mecanicii clasice. Bohr enunță cele spuse despre complementaritate în următoarele cuvinte: „*Oricît de mult ar depăși fenomenele cadrul explicației fizice clasice, toate datele empirice* (evidence) *trebuie descrise cu ajutorul noțiunilor clasice*". Din această „teză fundamentală" se trage concluzia: „*comportarea obiectelor atomice nu poate fi delimitată net de interacțiunea lor cu aparatele de măsură care fixează condițiile în care au loc fenomenele.* În adevăr, indivizibilitatea efectelor cuantice tipice se manifestă în faptul că orice încercare de a subîmpărți fenomenul impune o schimbare a instalației experimentale și implică deci noi posibilități de interacțiune principial necontrolabilă între obiecte și aparatele de măsură. În consecință, aceste date, obținute în condiții experimentale diferite, nu pot fi cuprinse într-un tablou unitar; aceste date trebuie considerate mai curînd ca fiind *complementare,* în sensul că numai ansamblul diverselor fenomene ne poate da o reprezentare mai completă asupra proprietăților obiectului"[16].

Concepția complementarității este menită să explice, după intenția partizanilor interpretării de la Copenhaga, legile statistice specifice ale mecanicii cuantice, eliminînd astfel, după cum își închipuie ei, determinismul din fenomenele atomice. În adevăr, în mecanica cuantică legile statistice reprezintă într-o anumită privință legile primare și nu se deduc din legile dinamice ale fenomenelor elementare, cum s-a admis, ce e drept cu rezerve serioase, cînd a fost vorba despre problemele fizicii clasice.

---

[16] N. Bohr, *Discuția cu Einstein asupra problemelor teoriei cunoașterii în fizica atomică,* UFN, 1958, vol. LXVI, fasc. 4, pp. 576—577.

Scanned with OKEN Scanner

Din punctul de vedere al concepției complementarității, caracterul statistic al legilor cuantice este determinat de posibilitatea experimentatorului de a alege condiții experimentale care se exclud unele pe celelalte. În virtutea acestei concepții, în observație nu se poate prevedea în principiu comportarea microobiectului, ceea ce înseamnă că statisticitatea legilor mecanicii cuantice este fundamentală.

Așadar, concepția complementarității, care pretinde că explică statisticitatea specifică a mecanicii cuantice, a introdus un element subiectiv în interpretarea legilor acesteia.

La Heisenberg, fundamentul subiectivist al statisticității cuantice este deosebit de pregnant atunci cînd el cercetează problemele filozofice ale fizicii atomice. Heisenberg susține că încă descoperirile lui Gibbs și ale lui Boltzmann au introdus în formularea legii fizice cunoașterea incompletă a sistemului, iar descoperirile lui Planck și ale celorlalți fizicieni din care s-a dezvoltat teoria cuantică înseamnă că „cunoașterea incompletă a unui sistem trebuie să fie un element esențial al oricărei formulări din teoria cuantică. Legile teoriei cuantice trebuie să aibă un caracter statistic“[17].

De aceea, Heisenberg a caracterizat cunoașterea fizică a proceselor atomice drept o cunoaștere incompletă, care se află într-un raport de complementaritate cu reprezentarea simbolică a proceselor atomice prin funcția de undă, aceasta caracterizînd complet starea microobiectului[18].

Ideea necontrolabilității a apărut ca o încercare de a găsi un fundament rațional pentru aplicarea noțiunilor fizice în descrierea fenomenelor atomice, cu aspectul lor corpuscular și ondulatoriu, pus în evidență experimental. Subiectivismul inerent acestei idei a fost analizat critic de fizicienii și de filozofii materialiști. Trebuie menționat însă că, în ultimul timp, însuși Bohr s-a exprimat în sensul că termenul „necontrolabilitate“ este nefericit ales pentru caracterizarea trăsăturilor fundamentale ale mecanicii cuantice*. El este de părere că termenul „complementaritate“ descrie situația din mecanica cuantică, constituită datorită aplicării limitate (în conformitate cu relația de nedeterminare) a descrierii prin

---

[17] W. Heisenberg, *Das Naturbild der heutigen Physik*, p. 29.

[18] Vezi W. Heisenberg, *Dezvoltarea interpretării teoriei cuantice*, în culegerea „Niels Bohr și dezvoltarea fizicii“.

* Precum se știe, Niels Bohr a murit în 1962. O anumită schimbare a concepțiilor sale filozofice în sensul în care se arată în această carte s-a produs (neexplicit) în ultimii ani care au premers morții savantului (*N. R.*).

Scanned with OKEN Scanner

noţiuni clasice[19]. Cu alte cuvinte, Bohr a eliminat baza subiectivistă — interacţiunea necontrolabilă a microobiectului cu aparatul — a folosirii noţiunilor clasice într-un domeniu unde ele sînt insuficiente; mai exact, el s-a îndepărtat serios de concepţiile subiectiviste asupra mecanicii cuantice.

Dar pasul făcut de Bohr înseamnă oare că aplicarea limitată, conformă relaţiei de nedeterminare, a noţiunilor clasice în descrierea fenomenelor atomice nu are nevoie de nici un fundament, sau că însăşi relaţia de nedeterminare este fundamentul limitării metodei clasice de descriere a fenomenelor, dacă este permis să ne exprimăm astfel? Problema aceasta nu este de loc lipsită de importanţă, cel puţin pentru că relaţia de nedeterminare poate fi interpretată în mod diferit şi, după cum se ştie, una din aceste interpretări a condus la principiul complementarităţii în forma sa iniţială, s-ar putea spune „clasică", în care figurează „necontrolabilitatea".

Ne vom ocupa de relaţia de nedeterminare în § 5, iar aici ne vom mărgini la cîteva observaţii legate de tema acestui paragraf.

Interpretarea relaţiei de nedeterminare ca indicaţie a limitei preciziei măsurătorilor noastre (care a fost răspîndită în prima perioadă după descoperirea acestei relaţii) se întîlneşte astăzi mai puţin frecvent decît înainte în literatura de fizică.

În prezent, este răspîndită interpretarea relaţiei de nedeterminare potrivit căreia ea stabileşte limitele aplicabilităţii reprezentărilor clasice de corpuscul la substanţă şi la radiaţie. Această din urmă interpretare, spre deosebire de prima, este lipsită — dacă putem spune aşa — de nuanţa de agnosticism şi arată, în fond, că noţiunile corpusculare se aplică în aşa fel încît aplicarea lor să fie limitată de condiţiile teoriei ondulatorii clasice. Un filozof ar spune că această interpretare exprimă caracterul antitetic al reprezentărilor corpusculare şi ondulatorii. Se poate spune că punctul de vedere al lui Bohr asupra complementarităţii, menţionat mai sus, respectiv concepţia asupra complementarităţii, din care este oarecum extrasă ideea „necontrolabilităţii principiale", exprimă în forma cea mai generală această antiteză, deoarece ea opune, printr-o antinomie, reprezentările clasice corpusculare şi ondulatorii, care se exclud reciproc.

Dar concepţia complementarităţii, în ultima ei variantă, nesubiectivistă, nu merge dincolo de acest caracter antitetic.

---

[19] UFN, 1959, vol. LXVII, fasc. 1.

Scanned with OKEN Scanner

În aceasta constă deficienţa ei, a cărei analiză depăşeşte considerabil cadrul subiectului nostru. Antinomia complementarităţii cuprinde un minus grav, care, pe plan filozofic, este similar cu lipsurile antinomiilor lui Kant, care au fost corectate, generalizate şi extinse în dezvoltarea ulterioară a dialecticii.

Aşadar, ajungem la afirmaţia că aplicabilitatea limitată a noţiunilor corpusculare clasice trebuie să aibă un fundament şi că acest fundament constă în faptul că reprezentările corpusculare şi ondulatorii, opuse, care reflectă proprietăţile microobiectelor, sînt unitare, identice şi că în domeniul de aplicabilitate al teoriei cuantice ele sînt inseparabile. De exemplu, de ce ne dă relaţia de nedeterminare pentru impuls şi coordonată restricţiile cu care noţiunile de impuls şi coordonată din mecanica clasică se aplică unui microobiect? Pentru că în relaţia de nedeterminare dintre impuls şi coordonată nu figurează în realitate mărimi clasice, ci mărimi *cuantice*, reprezentînd mărimi sui-generis, care exprimă identitatea proprietăţilor corpusculare cu cele ondulatorii. Relaţia de nedeterminare $\Delta x\ \Delta p_x \geqslant \frac{\hbar}{2}$ se obţine din relaţia de comutare $P_x X - X P_x \simeq \frac{\hbar}{i}$, şi conform cu aceasta Δp_x *şi* Δx sînt deviaţiile standard ale operatorilor respectivei componente a impulsului P_x şi ale coordonatei X, care exprimă matematic faptul că mărimile cuantice sînt calitativ diferite de cele clasice, deşi seamănă cu ele. Vom încerca să expunem mai pe scurt cele de mai sus într-o formă mai generală.

În literatura de fizică se exprimă de mult ideea că mărimile cuantice (noţiunile cuantice) se deosebesc de mărimile clasice (de noţiunile clasice) prin noi trăsături şi laturi, deşi probabil că nu există lucrări în care aceste consideraţii să fie dezvoltate consecvent. De exemplu, L. I. Mandelstam a arătat că dacă în relaţia de nedeterminare nu am avea de-a face cu impulsul şi cu coordonata (în sens plastic), ci cu alte mărimi, să zicem cu cvasiimpulsul şi cu cvasicoordonata, această relaţie nu ar conţine nici un fel de paradoxe. Dar pentru Mandelstam noţiunile mecanicii cuantice erau noţiunile clasice (cu restricţii)[20]. D. I. Blohinţev a arătat, de asemenea, între altele, că impulsul cuantic nu este impulsul clasic; el a

[20] Vezi L. I. Mandelstam, *Lekţia po osnovam kvantovoi mehaniki*. Polnoe sobranie trudov, t. V, Izd-vo AN SSSR, 1950, pp. 358—360.

Scanned with OKEN Scanner

acordat totuşi importanţa fundamentală noţiunilor clasice în formularea principiilor fundamentale ale mecanicii cuantice[21].

Acelaşi lucru îl afirmă în problemele de care ne ocupăm şi A. D. Aleksandrov[22]. În această ordine de idei vom mai menţiona articolul lui V. A. Fok consacrat lucrării lui N. Bohr: *Discuţia cu Einstein asupra problemelor teoriei cunoaşterii în fizica atomică*. V. A. Fok atrage atenţia, în mod justificat, asupra unilateralităţii punctului de vedere al lui Bohr, la care „toate eforturile sînt orientate spre clarificarea limitării vechilor noţiuni clasice, nu spre elucidarea noţiunilor noi, introduse de mecanica cuantică". După părerea lui Fok, aceste „noi noţiuni fundamentale" pe care poate fi construită fizica atomică sînt: relativitatea în mijloacele de observaţie, deosebirea dintre potenţial posibil şi realizat, noţiunea de probabilitate ca măsură numerică a potenţial-posibilului[23].

Credem că problema noilor noţiuni este rezolvată în mecanica cuantică, dar această soluţie este dată într-o formă implicită; trebuie s-o explicăm, iar aici dialectica ne oferă orientarea corespunzătoare. Aspectul fundamental poate fi expus, după concepţia noastră, astfel:

Mecanica cuantică studiază legile de mişcare ale substanţei, plecînd de la considerentul că substanţa are concomitent proprietăţi de undă şi de corpusculi, spre deosebire de mecanica clasică, care cercetează mişcarea substanţei făcînd abstracţie de proprietăţile ei ondulatorii. Trăsătura cea mai importantă a aparatului matematic al mecanicii cuantice — simetria lui — reflectă tocmai natura corpusculară şi totodată ondulatorie a microobiectelor. Este de la sine înţeles că mărimile cuantice sînt mărimi sui-generis, deoarece în ele se îmbină indisolubil parametrii clasici exclusivi, formînd o nouă noţiune care se deosebeşte calitativ de latura corpusculară şi de cea ondulatorie îmbinate una cu cealaltă. Mărimile cuantice sînt deci legate genetic de cele clasice, dar nu se reduc la acestea, deşi au trăsături comune cu ele. Matematic, toate acestea îşi găsesc expresia în faptul că în ecuaţiile mecanicii cuantice figurează simboluri care nu reprezintă mărimi matematice obişnuite, ca în fizica clasică, ci formaţii matematice

---

[21] Vezi D. I. Blohinţev, *Bazele mecanicii cuantice*, p. 66.

[22] Vezi A. F. Aleksandrov, *Protiv idealizma i putaniţi v ponimanii kvantovoi mehaniki*, în „Vestnik LGU", nr. 4, 1949, p. 67.

[23] Vezi V. A. Fok, *Zameceania k state Bora v evo diskussiah s. Einsteinom*, UFN, t. LXVI, fasc. 4, pp. 599—600.

Scanned with OKEN Scanner

mai abstracte (operatori diferenţiali şi matrice), pentru care, în general, nu este valabilă legea comutativităţii înmulţirii. Proprietăţile acestor formaţii exprimă pe plan matematic proprietăţile caracteristice ale mărimilor cuantice.

Aşadar, în mecanica cuantică nu numai că au fost stabilite noi relaţii şi legi, diferite de relaţiile şi de legile mecanicii clasice, dar în ea figurează şi noţiuni noi. După cum se ştie, categoriile de ordine, legitate, necesitate, cauzalitate pot fi exprimate — în cazul fizicii — prin mărimi şi relaţii ale mecanicii clasice. Aceleaşi categorii — ordine, legitate etc. — pot fi exprimate şi sînt efectiv exprimate prin mărimile şi relaţiile mecanicii cuantice. Această problemă şi-a găsit o soluţie pozitivă în lucrările multor oameni de ştiinţă ai timpului nostru, după cum se arată şi în cartea de faţă. Bineînţeles, determinismul în mecanica cuantică — vom arăta aceasta în paragrafele următoare — trebuie să se deosebească de determinismul din fizica clasică, după cum în cadrul acestei fizici determinismul laplacean al mecanicii newtoniene se deosebeşte de determinismul ondulatoriu al teoriei clasice a cîmpului.

Să revenim la noţiunea de necontrolabilitate principială. Unii autori care combat interpretarea de la Copenhaga afirmă că interacţiunea necontrolabilă a aparatului şi a microobiectului este, în fond, o interacţiune fizică pe care nu o cunoaştem încă. Prin urmare, este posibilă o descriere mai completă a fenomenelor atomice prin noţiuni clasice decît cea realizată în interpretarea de la Copenhaga. De aceea, respectivii autori cred că, pînă la urmă, determinismul laplacean (eventual într-o variantă nouă) va înlocui în cercetarea fenomenelor atomice caracterul statistic al legilor cuantice. Este necesar să subliniem, după concepţia noastră, că experimentele mentale ale reprezentanţilor interpretării de la Copenhaga (de exemplu, experimentul cu aşa-zisul „microscop al lui Heisenberg“ pentru determinarea coordonatei electronului) au contribuit fără voie la apariţia acestor idei.

În discuţiile dintre Bohr şi Einstein asupra problemelor teoriei cunoaşterii în fizica atomică, aceste idei şi-au găsit o expresie clară în exprimările lui Einstein. Vom insista asupra uneia dintre ele.

Einstein arată că fără interacţiunea aparatului cu microobiectul, putem determina exact pe cale indirectă fie impulsul, fie coordonata, măsurînd cu ajutorul aparatului impulsul sau coordonata unui alt microobiect cu care primul microobiect

Scanned with OKEN Scanner

a interacţionat cîndva. Bazîndu-se pe „criteriul de realitate“[24] introdus de el, Einstein afirmă că impulsul şi coordonata primului obiect, determinate pe calea indirectă menţionată, sînt reale, adică primul microobiect posedă simultan şi impuls, şi coordonată. De aci Einstein trage concluzia incompletitudinii mecanicii cuantice.

În esenţă, după cum au arătat Bohr şi alţi fizicieni, Einstein nu avea dreptate. El îşi închipuia că reuşise să demonstreze prin măsurătoarea indirectă şi pe baza „criteriului de realitate“ că microobiectul ca atare posedă simultan impuls şi coordonată şi că numai acţiunea exercitată de aparat asupra microobiectului nu ne permite să le măsurăm concomitent. În realitate, natura corpuscular-ondulatorie a microobiectului exclude aplicarea noţiunii clasice de impuls într-un punct la microobiect. Măsurătoarea indirectă a lui Einstein nu înseamnă cîtuşi de puţin că microobiectul posedă simultan coordonată şi impuls. Primul obiect pentru care Einstein a obţinut indirect valori determinate ale impulsului şi ale coordonatei s-a dovedit a fi în stări diferite, în momentele determinării impulsului şi a coordonatei celui de-al doilea obiect, ceea ce a făcut să cadă raţionamentul lui Einstein.

Desigur, faptul că Einstein nu a avut dreptate nu înseamnă de loc că ideea „necontrolabilităţii principiale“ ar fi corectă (am vorbit mai sus despre caracterul eronat al acestei idei, iar prin raţionamentele sale, Einstein a demonstrat, în esenţă, că lucrurile se prezintă tocmai în acest fel). Combătînd interpretarea de la Copenhaga, Einstein nu a recunoscut, în fapt, în raţionamentele sale, natura duală corpuscular-ondulatorie a microobiectelor, reflectată în noile noţiuni ale mecanicii cuantice (în care noţiunile mecanicii clasice au încetat să joace rolul fundamental). În această ordine de idei este interesantă, sub raport filozofic, observaţia lui Bohr referitoare la controversa privitoare la „modul în care trebuie să vorbim despre apariţia unor fenomene despre care putem da numai predicţii cu caracter statistic“[25].

Este oare cazul să aplicăm la realizarea unui efect individual (dintre cele posibile) terminologia lui Dirac: avem de-a face cu o alegere în planul „naturii“ sau trebuie să vorbim,

---

[24] Einstein enunţă în următoarele cuvinte „criteriul de realitate“: „Dacă putem prevedea cu certitudine (adică cu o probabilitate egală cu 1), fără nici un fel de perturbare a sistemului, valoarea unei anumite mărimi fizice, atunci există un element al realităţii fizice care corespunde acestei mărimi fizice“, UFN, vol. LXVI, fasc. 4, p. 592.

[25] N. Bohr, UFN, vol. LXVI, fasc. 4, p. 585.

Scanned with OKEN Scanner

cum a propus Heisenberg, despre alegerea din partea „observatorului", care a construit aparatele de măsură și a înregistrat rezultatele?

Bohr arată că „orice terminologie de acest fel este însă îndoielnică; în adevăr, pe de o parte, nu credem că este admisibil să i se atribuie naturii voință în sensul obișnuit, iar pe de altă parte, observatorul nu poate influența în nici un fel evenimentele care decurg în condițiile create de el"[26]. După Bohr, „nu avem nici o altă soluție decît să recunoaștem că în acest domeniu al fizicii avem de-a face cu fenomene elementare (indivizibile) și că tot ce putem face cu ajutorul diverselor aparate de măsură se reduce la o alegere între diversele tipuri complementare de fenomene pe care vrem să le cercetăm"[27].

Această din urmă formulare a lui Bohr este un foarte bun exemplu pentru ilustrarea acelei opuneri a noțiunilor corpusculare și ondulatorii, despre ale cărei merite și lipsuri am vorbit mai sus.

3. Despre relația dintre determinism și principiul cauzalității în fizică

În problema relației dintre determinism și principiul cauzalității în fizică nu există unitate de păreri în rîndurile oamenilor de știință. Dacă aceasta este o lipsă din punctul de vedere al rigurozității sistemului de concepții, în schimb din punctul de vedere al istoriei concepțiilor asupra problemei cauzalității și determinismului, această lipsă prezintă avantajul că diversele afirmații referitoare la problema noastră îmbrățișează aspectele variate ale conexiunii universale din natură.

La timpul său, filozofia a trecut și ea prin ceva asemănător; de exemplu, în filozofia antică noțiunea de cauză avea o semnificație mai generală și mai nedeterminată decît astăzi, iar Aristotel — marele spirit enciclopedic al lumii antice — deosebea patru feluri de cauzalitate: *causa formalis, causa materialis, causa efficiens* și *causa finalis*. Noțiunea de *causa finalis* a fost folosită, între altele, de Engels în *Dialectica naturii*, ce e drept, într-un alt sens decît la Aristotel; în general, toți acești termeni se întîlnesc în cercetările filozofice

[26] N. Bohr, UFN, vol. LXVI, fasc. 4, pp. 585—586.
[27] *Ibidem*, p. 586.

Scanned with OKEN Scanner

contemporane, însă semnificaţia pe care le-a atribuit-o Aristotel a fost trecută acum altor categorii, definite mai exact. Numai termenul de *causa efficiens* şi-a păstrat într-o oarecare măsură o semnificaţie corespunzătoare aproximativ cu semnificaţia actuală a cuvîntului „cauză".

În forma generală, problema relaţiei dintre determinism şi principiul cauzalităţii a fost tratată în § 1. Aici vom adăuga unele amănunte şi definiţii în cursul dezvoltării temei (problema definiţiei cauzalităţii, a conţinutului acestei categorii etc. este expusă sistematic în capitolul I).

Cauzalitatea este o categorie pentru desemnarea conexiunii necesare a unor fenomene care se desfăşoară în timp. Dacă în condiţii constante date fenomenul *A* generează, provoacă, determină cu necesitate (în contextul nostru aceste noţiuni sînt identice) un alt fenomen *B*, atunci legătura dintre fenomenele *A* şi *B* este o conexiune cauzală în care fenomenul *A* este cauza, iar fenomenul *B* efectul.

Conexiunea cauzală este o conexiune necesară a unor evenimente în timp. Între fenomenele naturii există cele mai variate conexiuni, inclusiv conexiunea necesară în spaţiu, în cadrul căreia fenomene distincte se produc în acelaşi timp. De exemplu, în afirmaţia: „o sarcină este o sursă de cîmp electromagnetic", este exprimată conexiunea necesară a unor valori simultane ale unor mărimi, iar legătura dintre cîmpul electric şi cel magnetic este o conexiune necesară, dar, ca şi conexiunea despre care a fost vorba în primul exemplu, ea nu este o conexiune cauzală. Putem cita foarte multe exemple de acest fel; ele ilustrează ideea potrivit căreia conexiunea cauzală nu este decît o mică parte din conexiunea universală a fenomenelor.

Categoriile de cauză şi efect îşi au semnificaţia numai cu aplicare la fenomene care, în condiţii date, sînt considerate independent de fenomenele înconjurătoare. De îndată însă ce aceste fenomene sînt privite în legătura lor cu situaţia ambiantă, cauza şi efectul se îmbină în reprezentarea interacţiunii universale în care cauza şi efectul nu rămîn niciodată neschimbate; ceea ce este în unele condiţii cauză, devine în altele efect şi invers.

Categoria de cauzalitate implică legătura dintre două fenomene. Dar nici un fenomen individual, concret, nu poate fi propria sa cauză. Aplicînd celebrul termen al lui Spinoza, Engels spune că numai materia şi mişcarea ei inerentă sînt în întregime *causa sui*.

Scanned with OKEN Scanner

Analizînd conexiunea cauzală, nu trebuie să facem abstracţie de faptul că un fenomen poate varia, rămînînd totodată în fond acelaşi. În cazul de faţă apare pe scenă noţiunea de stare. Această noţiune joacă un rol esenţial în fizică, mai ales în problemele referitoare la principiul cauzalităţii. Fără noţiunea de stare nu putem rezolva problemele legate de tema prezentului paragraf.

Numeroşi fizicieni — indiferent de concepţiile lor filozofice — înţeleg prin principiul sau legea cauzalităţii în fizică teza conexiunii necesare dintre stările unui sistem (se subînţelege un sistem izolat, care poate fi format şi dintr-o singură particulă) la momentul iniţial şi la orice moment ulterior. De exemplu, fizicianul austriac A. March, care susţine că „spiritul materialismului" şi „modul de gîndire materialist" „au suferit un naufragiu"[28] în fizica actuală, scrie totodată că „există cauzalitate în mecanica cuantică şi că ea constă, ca şi în fizica clasică, din ipoteza fundamentală: este posibil ca, pe baza stării iniţiale a unui sistem, aflat sub o acţiune cunoscută, să ne facem o idee despre starea sa viitoare"[29].

Din acest punct de vedere, în mecanica cuantică, principiul cauzalităţii se realizează pentru că ea ne permite să determinăm după valoarea iniţială a stării sistemului, dată de funcţia de undă, starea, adică funcţia de undă la orice alt moment al timpului, cu ajutorul aşa-numitei ecuaţii de undă: $i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \hat{H}\psi$, unde $\hat{H}$ este operatorul ce caracterizează sistemul şi acţiunea exercitată asupra lui de alte formaţii materiale. Dar această concepţie asupra principiului cauzalităţii este, în realitate, o extindere nejustificată a noţiunii de cauzalitate, identificarea ei incorectă cu ideea de conexiune reciprocă şi de determinare reciprocă a fenomenelor. Credem că nu putem fi de acord cu această înţelegere a cauzalităţii, în care i se atribuie funcţia altor categorii, reflectînd aspecte ale conexiunii universale. Principiul cauzalităţii constă, după cum se ştie, numai din următoarele: în condiţii determinate, un fenomen (cauza) generează un alt fenomen (efectul). După cum am mai arătat, infinita varietate a conexiunilor necesare nu se reduce numai la conexiunea cauzală, adică la relaţia dintre cauză şi efect.

---

[28] A. March, *Das neue Denken der modernen Physik*, Hamburg, 1957, p. 122.

[29] Idem, *Die physikalische Erkenntnis und ihre Grenzen*, Braunschweig, 1955, p. 36.

Scanned with OKEN Scanner

Să ne adresăm mecanicii clasice. În cazul mişcării rectilinii uniforme, variaţia poziţiei unei particule la un moment anumit nu este rezultatul acţiunii unei forţe. Principiul întîi al lui Newton exprimă nemijlocit relaţia unor fenomene legate de mişcarea rectilinie uniformă şi, de aceea, pe baza acestei legi, cunoscînd poziţia iniţială şi viteza unei particule care se mişcă rectiliniu şi uniform, putem calcula poziţia ei la orice alt moment.

În cazul mişcării neuniforme, variaţia vitezei particulei în mişcare este rezultatul acţiunii unei forţe, care apare aici în calitate de cauză, iar principiul al doilea al lui Newton exprimă această conexiune cauzală. Însă în mecanica clasică starea de mişcare a unei particule la un moment nu este cauza stării particulei la un moment ulterior. Dacă pe baza stării iniţiale putem calcula poziţia şi viteza particulei la orice alt moment, aceasta arată numai că starea de mişcare a particulei la un moment dat şi starea ei la orice alt moment sînt legate necesar între ele şi că această legătură este regula fenomenelor de mişcare exprimată prin legile lui Newton.

Problema cauzalităţii se rezolvă analog şi în mecanica cuantică. Dacă pe baza unei valori iniţiale a funcţiei de undă (adică după valorile proprii ale operatorilor unor mărimi şi după valorile medii ale operatorilor altor mărimi, referitoare la microobiect în starea caracterizată de funcţia de undă la momentul considerat), putem calcula cu ajutorul ecuaţiei de undă valoarea ei la orice alt moment (adică valorile proprii şi medii ale respectivilor operatori pentru aceleaşi mărimi în starea caracterizată de funcţia de undă la orice alt moment), aceasta înseamnă că relaţia pe care o stabileşte mecanica cuantică între valorile funcţiei de undă la momente diferite ale timpului este o lege a mecanicii cuantice şi că funcţia de undă exprimă această lege.

Deşi atît în mecanica clásică, precum şi în cea cuantică putem determina după starea sistemului la un moment dat starea aceluiaşi sistem la un moment viitor, caracterul sau tipul conexiunii dintre starea iniţială a sistemului şi cea viitoare sînt fundamental diferite în mecanica clasică şi în cea cuantică.

Legăturile dintre stările unei particule la două momente diferite ale timpului, aşa cum le consideră mecanica clasică, seamănă cu legăturile dintre stările cîmpului electromagnetic, de exemplu, pe care le studiază teoria lui Maxwell şi ele seamănă în sensul că, după valorile mărimilor care se referă la starea obiectului în momentul iniţial, putem determina

Scanned with OKEN Scanner

valorile mărimilor care se referă la starea obiectului în orice alt moment. Şi această trăsătură comună a conexiunilor menţionate există, deşi legile lui Newton diferă de ecuaţiile lui Maxwell, iar pentru caracterizarea stării cîmpului electromagnetic nu recurgem la coordonate şi la impulsuri, ci la alte mărimi. Acest tip de conexiune se încadrează în legile dinamice şi mulţi autori sînt de părere că legea dinamică este singura formă de expresie a determinismului în fizică. După cum reiese din cele arătate mai sus, în mecanica cuantică tipul de legătură dintre valorile stării sistemului în timp este principial altul decît în fizica clasică. Referitor la mărimile cuantice pentru operatorii cărora funcţia de undă este funcţie proprie, obţinem prognoze univoce, cu ajutorul ecuaţiei de undă ; prin caracterul lor, aceste prognoze seamănă cu prognozele dinamice ale mecanicii clasice. Dar aceeaşi funcţie de undă nu este funcţie proprie pentru operatorii altor mărimi cuantice ; pentru aceste mărimi ecuaţia de undă ne dă prognoze neunivoce, probabilistice, statistice, care seamănă prin caracterul lor cu prognozele mecanicii statistice. Aşadar, ecuaţia de undă se referă la mărimi deterministe, precum şi la mărimi probabilistice. Această trăsătură a ecuaţiei de undă este legată de caracterul dual al funcţiei de undă : ea este funcţie proprie pentru anumiţi operatori, şi funcţie improprie pentru alţii. Această particularitate a funcţiei de undă, care redă matematic starea microobiectului, este dezvăluită în relaţia de nedeterminare care arată că nu poate exista o stare avînd impulsul şi coordonata cu valori simultan determinate (şi nu statistice)[30].

Aşadar, relaţiile dintre mărimile mecanicii cuantice referitoare la schimbarea în timp a stării nu au caracter numai de lege statistică sau numai de lege dinamică. În aceasta constă specificul legilor statistice (probabilistice) ale mecanicii cuantice. În legile ei, latura dinamică a legii fenomenelor atomice se îmbină indisolubil cu cea statistică, şi aceasta se reflectă în forma cea mai adecvată în ecuaţiile operatoriale ale mecanicii cuantice.

Din toate cele arătate mai sus reiese că mecanica cuantică este, la fel cu orice altă teorie ştiinţifică, o teorie deterministă, deşi determinismul ei se deosebeşte de determinismul

[30] Ideea respectivă poate fi exprimată mai riguros în următoarele cuvinte: această particularitate a funcţiei de undă se bazează pe relaţia de comutare, deoarece din ea se deduce că starea microobiectului poate fi simultan stare proprie a două mărimi cuantice arbitrare, numai atunci cînd operatorii acestor mărimi comută.

Scanned with OKEN Scanner

laplacean al mecanicii cuantice şi de determinismul ondulatoriu al teoriei clasice a cîmpului. Cît priveşte problema cauzalităţii în mecanica cuantică (adică problema dacă ea este, dacă ne putem exprima astfel, o teorie cauzală sau nu), răspunsul la această întrebare se impune de la sine. Mecanica cuantică recunoaşte acţiunile dinamice asupra microobiectului şi este deci o teorie cauzală, deoarece aceste acţiuni generează în mod necesar variaţiile corespunzătoare în desfăşurarea ulterioară a mişcării microobiectului şi, prin urmare, aceste acţiuni dinamice constituie o cauză. Legăturile în timp (adică desfăşurarea în timp a proceselor atomice) pe care le reflectă ecuaţia de undă cuprind şi conexiunile cauzale menţionate.

Să analizăm în încheiere părerile exprimate de fizicienii contemporani asupra relaţiei dintre determinism şi principiul cauzalităţii.

După Heisenberg, principiul cauzalităţii a devenit treptat, pe măsura dezvoltării filozofiei şi a fizicii, „echivalent cu aşteptarea ca un eveniment din natură să fie determinat univoc şi deci cunoaşterea exactă a naturii sau a unei părţi a ei este suficientă cel puţin în principiu, pentru a predetermina *(vorauszubestimmen)* viitorul“[31]. Aşa stau lucrurile, după Heisenberg, în fizica lui Newton, unde după starea sistemului la un moment dat putem calcula mişcarea ulterioară a sistemului. „Dacă cuvîntul cauză este interpretat atît de îngust, atunci se vorbeşte şi despre «determinism», avînd în vedere că există legi constante ale naturii, care stabilesc univoc pe baza stării la momentul de faţă starea viitoare a unui sistem“[32].

Aşadar, Heisenberg face distincţie între cauzalitate şi determinism şi îl concepe pe acesta din urmă în spiritul mecanicismului.

Born deosebeşte cauzalitatea de determinism în fizică. După cum scrie el, cauzalitatea „constă în faptul că o anumită situaţie depinde (dacă facem abstracţie de curgerea timpului) de o altă situaţie care poate fi descrisă prin legi cantitative“[33].

După Born, determinismul coincide cu determinismul laplacean. De aici devine clar de ce luptă Born pentru indeterminism în mecanica cuantică etc., lucru pe care l-am arătat în § 1.

---

[31] W. Heisenberg, *Das Naturbild der heutigen Physik*, p. 25.
[32] *Ibidem.*
[33] M. Born, *Physik und Metaphysik*, în „Naturwissenschaftliche Rundschau“, nr. 8, 1955, p. 297.

Scanned with OKEN Scanner

March înţelege prin cauzalitate în fizică „noţiunea de ordine cu aplicare la procesele naturii“[34]. În interpretarea sa, relaţia cauzală leagă un eveniment actual nu cu un eveniment *trecut*, care este cauza lui, ci, după cum scrie el, un eveniment din prezent „este legat cauzal de întregul trecut al lumii“[35]. Această concepţie asupra cauzalităţii îl conduce pe March la recunoaşterea cauzalităţii atît în teoria clasică, cît şi în mecanica cuantică. El scrie : „Orice fizician trebuie să creadă în posibilitatea de a trage adevărate concluzii asupra viitorului ; negarea acestei teze fundamentale ar fi echivalentă cu concepţia potrivit căreia evenimentele din natură se produc fără legi, ceea ce i-ar răpi fizicii conţinutul ei fundamental. Cauzalitatea există în mecanica cuantică şi ea constă, ca şi în fizica clasică, în ipoteza fundamentală că este posibil, după starea prezentă a unui sistem, aflat sub o acţiune dată, să ne facem o idee despre starea sa viitoare. Deosebirea faţă de fizica clasică constă exclusiv în interpretarea noţiunii de stare, care este concepută în mecanica cuantică altfel decît în fizica clasică“[36].

Analiza noţiunii de stare îl conduce pe March la afirmaţia că în mecanica clasică avem „o cauazlitate riguroasă“, pe cînd în mecanica cuantică avem „o cauzalitate statistică“, cele două tipuri de cauzalitate nefiind esenţial diferite şi cea statistică înglobînd-o pe cea riguroasă ca pe un caz particular[37]. March nu operează cu noţiunile de determinism şi indeterminism.

Consideraţiile lui March se reduc, în esenţă, la următoarele : noţiunea de lege statistică cu aplicare la procesele naturii este denumită de el cauzalitate, iar probabilitatea este pusă la baza tuturor legilor fenomenelor care se desfăşoară în timp.

La fizicienii care apără materialismul dialectic, problema relaţiei dintre determinism şi cauzalitate în fizică este de asemenea insuficient clarificată. Aceşti fizicieni au demonstrat inadecuarea determinismului mecanicist la procesele naturii. Ei au subliniat aplicabilitatea determinismului laplacean la fenomenele pe care le studiază mecanica clasică şi l-au respins pentru procesele atomice de care se ocupă teoria cuantică. Însă în problema termenilor pentru desemnarea conexiunilor

---

[34] A. March, *Die physikalische Erkenntnis und ihre Grenzen*, p. 33.
[35] *Ibidem*, p. 34.
[36] *Ibidem*, p. 37.
[37] *Ibidem*.

Scanned with OKEN Scanner

necesare obiectiv reale, care există în timp între fenomenele atomice, ei nu au stabilit încă un punct de vedere unitar și unanim acceptat. Langevin, de exemplu, preferă termenul de determinism pentru a desemna conexiunile cauzale obiective, pentru a caracteriza desfășurarea în timp a fenomenelor atomice, pe care le reflectă mecanica cuantică, și a atras atenția asupra diverselor forme ale determinismului în diferitele teorii fizice și asupra necesității unor noțiuni și a unor noi formulări ale problemelor în studiul unor fenomene noi[38]. V. A. Fok, D. I. Blohințev, I. P. Terleţki preferă termenul de cauzalitate pentru a desemna conexiunile necesare în timp, relevînd necesitatea unor noi forme pentru exprimarea cauzalității în natură și, corespunzător, a unor noi noțiuni.

Astfel, putem citi la V. A. Fok: „Este necesar să introducem doi termeni, de exemplu, «determinismul laplacean», care înseamnă convingerea în posibilitatea principială a unor prognoze nelimitat de precise, și termenul mai general de «cauzalitate», în sens de existență a legilor naturii. Determinismul laplacean este efectiv infirmat de mecanica cuantică, pe cînd cauzalitatea se menține în întregime, numai că exprimarea ei capătă forme noi“[39].

Problema de care ne ocupăm este expusă în cartea lui I. P. Terleţki *Legile dinamice și legile statistice ale fizicii.* Autorul distinge *legea generală a cauzalității,* care-și găsește expresia în „existența conexiunii și determinării reciproce obiective a fenomenelor și a obiectelor“, și *cele două forme fundamentale ale manifestării ei în fizică: determinismul clasic,* conceput „ca reprezentare despre reflectarea completă a unui proces fizic printr-un anumit ansamblu de mărimi, care este în întregime determinat la orice moment, dacă sînt date condițiile inițiale“, și *principiul* „că orice eveniment ulterior este totdeauna efectul unor evenimente precedente, care sînt cauzele sale“[40].

Se observă ușor că I. P. Terleţki folosește termenul de cauzalitate cu semnificația termenului de determinism.

Care terminologie este mai recomandabilă și mai exactă? Această problemă se rezolvă corect numai în contact cu istoria filozofiei, cu dezvoltarea noțiunilor ei, care și-au găsit sinteza și rezumatul cel mai înalt în materialismul dialectic. Ter-

---

[38] Vezi P. Langevin, *Lucrări alese,* IL, 1949, pp. 361, 396 etc. (ed. rusă).

[39] V. A. Fok, UFN, vol. LXVI, fasc. 4, p. 501.

[40] I. P. Terleţki, *Dinamiceskie i statisticeskie zakoni fiziki,* Izd-vo MGU, 1950, p. 93.

Scanned with OKEN Scanner

menul „determinism“ desemnează caracterul determinat al fenomenelor lumii materiale, conexiunea lor, pe cînd termenul „cauzalitate“ reprezintă o anumită parte a conexiunii universale. Termenii „lege dinamică“ și „lege statistică“ reprezintă diverse manifestări ale conexiunii universale în domeniul de fenomene pe care le studiază fizica.

4. Legile statistice și determinismul

Reprezentările statistice sînt inseparabile de tabloul atomist al materiei. Dezvoltarea concepțiilor atomiste asupra materiei a adus cu sine și a dezvăluit într-o măsură tot mai mare ideea de lege statistică.

Încă la atomiștii antici găsim în germene noțiunile care, într-o formă dezvoltată, au intrat în reprezentarea de lege statistică. Democrit a făcut din necesitatea exterioară principiul cel mai important al atomismului; atomii, care se mișcă inițial în toate direcțiile posibile, se ciocnesc unii de alții și formează vîrtejuri din care, în vidul infinit, iau naștere nenumărate lumi. Mișcarea dezordonată a atomilor în toate direcțiile se află, după Democrit, la baza a tot ce se întîmplă în lumea cea mare, ale cărei fenomene nu seamănă cu mișcarea atomilor în vid.

Epicur a modificat considerabil atomistica lui Democrit. Celebra *declinatio atomorum a via recta* (abaterea atomilor de la direcția rectilinie), introdusă de Epicur, reprezintă necesitatea interioară, inerentă atomilor. După afirmația justificată a lui Lucrețiu, ea depășește „legile destinului“, necesitatea fatală a lui Democrit. Dacă la Democrit „vîrtejurile de atomi“ (sau „mișcarea de respingere“) sînt opera necesității exterioare, „oarbe“, cum spune Marx, la Epicur se îmbină sintetic în „mișcarea de respingere“ necesitatea internă și cea externă, mișcarea exterioară și mișcarea inerentă atomului[41]. După cum vom vedea mai departe, problema sintezei necesității interne cu cea externă are o importanță hotărîtoare pentru înțelegerea corectă a problemei relației dintre necesitatea dinamică și cea statistică.

Ideea mișcărilor dezordonate ale unor particule extrem de mici stă la baza explicației statistice a fenomenelor din macro-

[41] Vezi K. Marx și F. Engels, *Deosebirea dintre filozofia naturii la Democrit și la Epicur* în *Opere*, vol. I, p. 47 (ed. rusă).

cosm, dată de fizica clasică. Această idee își face loc încă la Democrit. În esența ei, necesitatea democriteană este aceeași necesitate simplă, abstractă ca cea cu care operează superintelectul lui Laplace; mai exact, ea este o ipostază a acestuia. Să vedem ce înseamnă aceasta.

Se afirmă în mod obișnuit că legea statistică este legea unor fenomene stochastice care se produc în proporții de masă. În această afirmație legea statistică este opusă legii dinamice și se relevă totodată, în fapt, că întîmplătorul este necesar, deoarece nu există lege în afara necesității. Dar, în studiul legii statistice, apar diverse puncte de vedere asupra întîmplării.

În primul rînd, se poate admite (după cum am amintit mai sus) că procesele elementare sînt nedeterminate (natura efectuează o alegere în rîndurile fenomenelor elementare etc.). Determinarea fenomenelor din lumea macroscopică are ca fundament, potrivit acestei ipoteze, legea numerelor mari. Dar însăși legea numerelor mari se aplică fenomenelor stochastice de masă și servește de aceea nu ca bază a determinării fenomenelor macroscopice, ci numai ca o caracteristică statistică a lor. Legea numerelor mari, care spune că acțiunea rezultantă a unui număr foarte mare de factori aleatori dă în anumite condiții un rezultat care este aproape independent de hazard, exprimă în realitate legătura organică dintre întîmplare și necesitate, o problemă asupra căreia vom insista în cele ce urmează. Fundarea legii statistice pe legea numerelor mari este în divergență cu istoria apariției reprezentării de lege statistică.

La Democrit — filozoful naturii care inițiază noțiunea de lege statistică — ciocnirile atomilor sînt inevitabile, și anume pentru că atomii nu pot să-și schimbe spontan direcția mișcării, precum și în virtutea faptului că aceste direcții sînt cît se poate de diferite. Așadar, atomii în mișcare trebuie să se întîlnească tot atît de necesar cum este necesară intersecția unei infinități de drepte, avînd direcții diferite în spațiu. Cu alte cuvinte, orice eveniment din viața atomului, prin urmare și tot ce există în lume, este predeterminat pentru eternitate: „Totul în lume se întîmplă în virtutea necesității" (Democrit).

În al doilea rînd, se poate admite că fenomenul elementar este determinat, dar în virtutea a diverse cauze rămîn necunoscuți factorii care îl determină. De exemplu, observatorul

Scanned with OKEN Scanner

nu știe dacă, în cazul ciocnirii unei molecule cu altă moleculă, prima va nimeri ceva mai la dreapta sau mai la stînga, ceea ce modifică mult rezultatul ciocnirii. Conform acestei ipoteze, cunoașterea incompletă este cea care conduce la concluzii statistice.

Materialismul mecanicist consideră că această ipoteză este însuși adevărul. Ea este adoptată și de reprezentanții idealismului fizic, atunci cînd vor să infirme determinismul. Punctul de vedere al materialismului mecanicist asupra legii statistice care înseamnă, în principiu, recunoașterea generală a necesității în natură, neagă practic necesitatea pentru fiecare fenomen individual și îl lasă în puterea hazardului pur. Ne convingem că lucrurile stau efectiv astfel și după forma specifică a concepțiilor lui M. Born asupra legii în fizică. Born invoca faptul că determinismul ar presupune definirea cu absolută precizie a stării inițiale, de unde el neagă determinismul în fizică, în general, și în mecanica clasică, în particular[42]. Ne vom ocupa mai jos de concepțiile lui Born în această chestiune.

În al treilea rînd, se poate admite că fiecare fenomen elementar se desfășoară independent de orice alt fenomen elementar și că totodată fenomenele elementare determină în ansamblul lor fenomenele macroscopice. Aceste ansamble de fenomene elementare constituie tocmai substratul legii statistice. Intuiția natur-filozofică în această privință a fost exprimată, cum am arătat mai sus, de către Democrit. Această teză și-a găsit o formă adecvată în ipoteza totalei dezordini a fenomenelor din fizica statistică, potrivit căreia diversele elemente cu care operează statistica sînt perfect independente unul de altul. Această concepție asupra legii statistice leagă mișcarea haotică a particulelor primare de necesitatea din natură. Dar ceea ce era la Democrit o intuiție natur-filozofică, a găsit treptat o dezvoltare sistematică, pe baza datelor studiului naturii la Boyle, Lomonosov, Boltzmann, Gibbs.

Așadar, după Democrit, necesitatea există în natură numai sub formă de necesitate exterioară, abstractă: atomii care se mișcă dezordonat nu pot, după părerea lui, să-și schimbe de la sine mișcarea, și din acest punct de vedere mișcarea haotică democriteană a atomilor este o expresie a necesității exterioare.

---

[42] Vezi M. Born, *Ist die klassische Mechanik tatsächlich deterministisch?* în „Physikalische Blätter", nr. 2, 1955, pp. 49—53.

Scanned with OKEN Scanner

Totodată, după cum am amintit mai sus, în filozofia antică, Epicur a exprimat prin „declinaţia atomilor de la linia dreaptă“ intuiţia necesităţii interioare, inerente atomilor. Tot el a sintetizat în „mişcarea de respingere“ necesitatea exterioară cu cea interioară, mişcarea forţată cu mişcarea inerentă atomului. Această particularitate a atomisticii lui Epicur a fost pentru prima dată pusă în evidenţă de tînărul Marx în teza sa de doctorat. După cum se ştie, în această teză Marx se situa încă integral pe o poziţie idealistă şi a criticat în mod corespunzător atomistica lui Democrit, dar l-a interesat profund problema concepţiei dialectice a mişcării, şi aceasta i-a permis să stabilească deosebirea dintre atomistica lui Democrit şi cea a lui Epicur.

Credem că această deosebire, stabilită de Marx, are o mare însemnătate pentru clarificarea izvoarelor filozofice ale atomismului ştiinţific modern, o problemă care se bucură de atenţia multor cercetători. Astfel, examinînd în legătură cu fizica cuantică problemele filozofice ale teoriei atomice şi respingînd atomii imuabili, Heisenberg afirmă, între altele, că „dezvoltarea din ultimii ani... realizează cît se poate de clar — dacă putem în genere să facem o comparaţie cu filozofia antică — o cotitură de la Democrit spre Platon“[43]. În realitate, după cum se arată în lucrare: „dacă putem în genere să facem o comparaţie cu filozofia antică“, dezvoltarea fizicii cuantice face un nou pas de la materialistul Democrit la materialistul Epicur. Aceasta îşi găseşte expresia şi în problema legii statistice.

În opoziţie cu intuiţiile natur-filozofice ale atomiştilor greci, reprezentările ştiinţifice asupra legii statistice au apărut o dată cu epoca cercetării sistematice a naturii, cînd au fost dezvoltate metodele cantitative de cunoaştere a materiei, iar fizica şi în primul rînd mecanica au ajuns la închegarea lor preliminară. Dacă Newton, în a cărui doctrină asupra substanţei concepţiile atomiste au jucat un rol esenţial, nu a ajuns încă la idei statistice, în schimb, contemporanul său mai vîrstnic, Boyle, care, cum spune Engels, a transformat chimia într-o ştiinţă, explica proprietăţile substanţei prin comportarea statistică a atomilor. Boyle a arătat că relaţia dintre presiunea şi volumul unui gaz dintr-un vas poate fi înţeleasă dacă admitem că presiunea gazului este rezultatul unui număr foarte mare de ciocniri ale atomilor cu pereţii vasului. Cu totul remarcabile în această privinţă sînt ideile

[43] W. Heisenberg, UFN, vol. LXVI, fasc. 2, p. 169.

Scanned with OKEN Scanner

lui Lomonosov. Plecînd de la „filozofia corpusculară", marele învăţat rus a dat prima schiţă a explicării fizice a fenomenelor termice şi a creat teoria molecular-cinetică. Principiile conform cărora noţiunile de temperatură, presiune, cantitate de căldură sînt inaplicabile unor atomi izolaţi sau unor molecule izolate provin de la Lomonosov, care a demonstrat că „proprietatea de elasticitate (este vorba despre un gaz — *Red. rusă*) nu o manifestă particulele individuale, care nu au nici un fel de complexitate fizică şi de structură organizată, ci mulţimile de particule"[44].

Noţiunile statistice au început să fie aplicate sistematic la problemele constituţiei şi proprietăţilor materiei abia în timpul lui Maxwell, care a introdus reprezentări probabilistice în teoria cinetică a gazelor, şi îndeosebi începînd cu Boltzmann şi cu Gibbs, care au creat mecanica statistică. Aici, mişcările particulelor individuale sînt considerate ca fiind subordonate legilor mecanicii clasice, iar la principiile acestei teorii se adaugă noţiuni statistice (ipoteza dezordinii perfecte).

Boltzmann şi Gibbs au explicat necesitatea de a introduce în fizică noţiuni statistice, probabilistice, prin faptul că proprietăţile mecanice ale unui sistem complet, format dintr-un număr imens de particule, sînt necunoscute în întregime, dată fiind lipsa de finețe a organelor noastre de simţ, a aparatelor folosite etc.

Conform acestui punct de vedere, dacă am cunoaşte, de exemplu poziţiile şi vitezele tuturor moleculelor unui gaz, nu am mai avea nevoie de noţiunea de temperatură a gazului. Aşadar, la Boltzmann, care sublinia semnificaţia obiectivă a teoriei fizice, noţiunile statistice în fizică au fost în fapt, după părerea noastră, despărţite de realitatea obiectivă a mişcărilor extrem de complexe, pe deplin determinate dar în aparenţă haotice ale imensităţii de particule care constituie sistemul (întregul), iar aceasta este cu atît mai valabil în privinţa lui Gibbs. În adevăr, dacă revenim la exemplul cu temperatura, comportarea unui gaz nu se reduce la suma comportărilor diverselor molecule care îl constituie; gazul şi comportarea lui apar ca o nouă calitate şi acest fapt îşi găseşte oglindirea în noţiunile şi în legile termodinamicii. Ideea dialectică potrivit căreia noţiunile referitoare la un element al unei mulţimi (întregul) nu pot fi nici pe departe aplicate totdeauna mulţimii (întregului), şi invers, şi-a găsit

---

[44] M. V. Lomonosov, *Opit teorii uprugosti vozduha*, Poln., sobr. soc., t. 2, M.—L., 1951, p. 111.

Scanned with OKEN Scanner

astăzi o recunoaștere largă și este susținută de numeroși autori care, subiectiv, sînt departe de materialismul dialectic[45].

Trebuie să definim acum cîteva noțiuni despre care a fost vorba mai sus și să facem generalizările corespunzătoare.

Este întîmplător sau aleatoriu ceea ce, în condiții date, poate să fie sau să nu fie, ceea ce poate fi așa și poate fi altfel, a cărui ființă sau neființă, a cărui existență de un fel sau de altul nu-și are fundamentul în sine, ci în altul.

Dimpotrivă, este necesar ceea ce, în condiții date nu poate să nu fie, poate să fie numai așa cum este și nu altfel, a cărui existență sau gen de existență își are fundamentul în sine.

În conformitate cu aceste definiții, orice ceva care reprezintă un întreg și este luat totodată ca element al unui alt întreg își are fundamentul în sine și totodată în celălalt, adică acest ceva nu este ori necesar ori întîmplător, ci este simultan și una, și cealaltă. Astfel, apare pe scenă necesitatea internă, care nu este opusă întîmplării ca ceva exterior (aceasta este inerentă necesității abstracte), dar în raport cu care întîmplătorul apare ca un element al ei.

Din punctul de vedere a tot ce am spus despre necesitate și întîmplare, legea dinamică și cea statistică sînt intim legate între ele, constituind o lege unitară a naturii, în care nici aspectul statistic și nici cel dinamic nu se reduc unul la celălalt. Legea dinamică și cea statistică — forme ale unei relații necesare, esențiale între fenomenele naturii — sînt nu numai legate prin treceri ale uneia în cealaltă, ci și unitare prin opoziția lor. Legea dinamică exprimă schimbarea de stare în timp a unui sistem material individual, considerat în condiții determinate. Ea se realizează ca necesitate nemijlocită. Legea statistică se referă la o mulțime, la un ansamblu de sisteme materiale, considerate, în condiții determinate, independente unul de altul. Legea statistică se realizează ca tendință interioară, care-și croiește drum prin mulțimea contingențelor și se manifestă în ele ca medie a unei mari mulțimi de abateri aleatorii. În cazul cînd numărul sistemelor care formează mulțimea (ansamblul statistic) este destul de mare, apar pe primul plan proprietățile specifice inerente tuturor sistemelor, adică proprietățile esențiale pentru respectivul ansamblu (ele se exprimă prin medii statistice și cer-

---

[45] Vezi de exemplu, W. Ross-Ashby, *Introducere în cibernetică*, IL, 1959, p. 175.

Scanned with OKEN Scanner

cetarea lor conduce la legi statistice). Dimpotrivă, cînd numărul de sisteme constitutive este mai mic, proprietăţile specifice se manifestă cu mai puţină claritate şi apar cu mai multă claritate proprietăţile inerente individual fiecărui sistem, adică proprietăţile neesenţiale, întîmplătoare pentru ansamblul considerat.

Aşadar, noţiunea de lege statistică nu are în realitate nici o legătură cu problema insuficienţei sau a incompletitudinii cunoştinţelor noastre la cercetarea unor sisteme foarte complicate sau cu ipoteza „acauzalităţii" (caracterului pur întîmplător) fenomenelor elementare. Legea statistică are o existenţă tot atît de reală şi de obiectivă ca şi legea dinamică, iar din punctul de vedere al adevărului, al determinării (exactităţii, adecvării), al justificării ei, legea statistică nu este nici „mai rea" şi nici „mai bună" decît legea dinamică. Considerate ca atare, noţiunile de lege statistică şi de lege dinamică simplifică totdeauna conexiunea reală obiectivă a fenomenelor, dar în anumite împrejurări ale cercetării, fiecare dintre ele corespunde unei situaţii reale.

5. Legile statistice, determinismul şi relaţia de nedeterminare

Prin cercetările lor, Boltzmann şi Gibbs au încadrat în fapt noţiunea de întîmplare în categoria de lege fizică. Mai exact, ei şi-au luat rămas bun în fizică de la noţiunea de necesitate ca o categorie ruptă de întîmplare şi au început să considere întîmplarea în legătura ei cu necesitatea, în ciuda concepţiei lor mecaniciste asupra cauzalităţii. Procesul dialectic al apropierii noţiunilor de necesitate şi de cauzalitate în fizică, care a început o dată cu crearea mecanicii statistice, şi-a găsit o nouă aprofundare în teoria cuantică. Tocmai la nivelul fizicii cuantice au fost dezvăluite unitatea şi tranziţiile dintre legile statistice şi cele dinamice. Amînînd pentru paragrafele următoare analiza problemelor referitoare la această unitate, ne vom ocupa aici de unele aspecte ale problemei caracterului legilor statistice.

Printre fizicienii care nu cunosc materialismul dialectic, este răspîndită concepţia materialismului mecanicist, potrivit căreia legile statistice au un caracter subiectiv. Heisenberg a promovat consecvent această concepţie atît în ce priveşte mecanica clasică, cît şi în ce priveşte cea cuantică. Born apără şi el această concepţie: hipertrofiind ideea subiectivităţii legilor

Scanned with OKEN Scanner

statistice, el renunţă la „determinism", chiar în mecanica clasică (amintim că, la fel cu mulţi alţi fizicieni, Born înţelege prin determinism legea dinamică pe care aceşti fizicieni obişnuiesc să o identifice cu legitatea obiectivă în general). Este interesant să urmărim consideraţiile lui Born.

Analizînd noţiunea de determinism în fizică, Born ajunge la concluzia că posibilitatea determinismului depinde de cunoaşterea precisă a stării (se subînţelege în sensul mecanicii clasice). El încearcă să demonstreze, în opoziţie cu părerea răspîndită, că situaţia din mecanica clasică este de aşa natură încît determinarea precisă a stării nu are sens fizic, din care cauză reprezentările statistice ar fi totdeauna aplicabile în teoria clasică, chiar şi în cazul unei particule izolate[46]. Cu alte cuvinte, după Born, mecanica clasică este indeterministă (după cum s-a arătat mai înainte, Born identifică statisticitatea cu indeterminismul).

Argumentarea lui Born se reduce la următoarele. Fie o particulă care se mişcă rectiliniu fără frecare, cu o viteză iniţială constantă între doi pereţi, de care este respinsă elastic. Pentru a spune unde se va afla particula la un moment dat, se presupune că viteza ei este precis cunoscută (ca şi poziţia ei). Dar dacă admitem cea mai mică inexactitate în determinarea vitezei, atunci imprecizia în predicţia poziţiei creşte cu timpul şi poate lua valori oricît de mari. Astfel, după un interval de timp $t_c = l/\Delta v_o$, unde l este distanţa dintre pereţi iar Δv_o imprecizia în determinarea vitezei, imprecizia în determinarea poziţiei va deveni egală cu distanţa l. De aici, Born trage concluzia că determinismul trece în indeterminism total, dacă admitem cea mai mică inexactitate în determinarea vitezei[47]. Are oare dreptate Born? După părerea sa, nu are nici un sens fizic să vorbim despre valoarea absolut precisă a unei mărimi exprimate printr-un număr real, deoarece aceasta rezultă din principiul observabilităţii. De exemplu, ca măsură a unei mărimi fizice, numărul $\pi = 3{,}1415\ldots$ este un nonsens, afirmă Born, deoarece, dacă întrerupem fracţia zecimală infinită care îl exprimă pe π la a 20-a sau a 25-a zecimală, obţinem două numere pe care măsurătoarea nu le poate distinge nici unul de celălalt, nici de adevărata valoare a lui π.

---

[46] Vezi M. Born, *Ist die klassische Mechanik tatsächlich deterministisch?*, în „Physikalische Blätter", nr. 2, 1955, p. 53.

[47] *Ibidem*, p. 51; vezi şi M. Born, *Die statistische Deutung der Quantenmechanik*, în „Physikalische Blätter", nr. 5, 1955, p. 201.

Scanned with OKEN Scanner

De aceea, afirmaţia „avem coordonata $x = \pi$ cm“ trebuie să fie eliminată din circuitul fizicii şi înlocuită printr-o afirmaţie care presupune imprecizia naturală a măsurătorii, adică implică aplicarea statisticii. În exemplul de faţă, aceasta înseamnă că afirmaţia „$x = \pi$ cm“ este înlocuită prin afirmaţia „distribuţia valorilor lui x prezintă un maximum pronunţat pentru $x = \pi$“[48].

În adevăr, numărul π ca măsură de lungime este un nonsens, dacă vom compara direct, ca lungime, un segment şi un cerc. Dacă ne bazăm însă pe legile geometriei, atunci nu există nimic lipsit de sens în afirmaţia că lungimea cercului de diametru egal cu 1 cm este de π cm. H. Lebesgue este nevoit să recunoască, atunci cînd vorbeşte despre măsurarea mărimilor geometrice: „Măsurarea geometrică începe fizic, dar se termină numai metafizic“[49]. Această observaţie este valabilă nu numai pentru măsurarea mărimilor geometrice: „metafizica“, adică gîndirea teoretică, nu poate fi eliminată nici din măsurarea mărimilor geometrice şi nici din măsurarea oricăror altor mărimi. La măsurare nu putem ocoli noţiunea de infinit (de ea este legată, de exemplu, noţiunea de măsurătoare absolut precisă), iar infinitul nu-l cercetăm pe cale intuitiv-empirică. „... cunoaşterea infinitului ... prin însăşi natura ei ... poate avea loc numai sub forma unui progres infinit asimptotic“[50]; în aceste cuvinte ale lui Engels îşi găseşte expresia şi latura esenţială a procesului de măsurare, în care legile ştiinţelor fizico-matematice se folosesc pentru obţinerea valorii precise a unei mărimi reprezentate printr-o fracţie zecimală infinită.

Cît despre afirmaţia lui Born că determinismul trece în indeterminism dacă ne scapă cea mai mică inexactitate în determinarea vitezei, trebuie să observăm că, riguros vorbind, la Born este vorba despre trecerea formei dinamice a legii în forma statistică, şi anume tocmai pentru că, după Born, nu există precizie absolută a măsurătorii.

În cazul de faţă, Born afirmă, în esenţă, că prezenţa unei anumite precizii a măsurătorii determină prezenţa legii dinamice (măsurătoare precisă) sau statistice (măsurătoare neprecisă). Dar această tratare idealistă nu concordă cu conţinutul fizicii. Legea dinamică şi cea statistică sînt obiective, iar faptul că o piatră cade conform unei legi dinamice, iar

---

[48] Vezi M. Born, în „Physikalische Blätter“, nr. 5, 1955, p. 201.
[49] H. Lebesgue, *Despre măsurarea mărimilor*, Ucipedghiz, M., 1938, p. 102 (ed. rusă).
[50] F. Engels, *Dialectica naturii*, p. 216.

Scanned with OKEN Scanner

particulele browniene se mişcă după o lege statistică nu este determinat nicidecum de precizia măsurării mărimilor ce caracterizează obiectul măsurat. Nu putem preciza măsurarea mărimilor ce caracterizează mişcarea pietrei după ce am ajuns la anumite microdimensiuni, deoarece dincolo de limitele acestor dimensiuni are loc o schimbare calitativă a mărimii şi ea capătă un conţinut fizic nou. Noţiunea de precizie absolută a măsurătorii este o măsură lipsită de sens, dacă o aplicăm fără a ţine seama de conţinutul concret al mărimii măsurate. Dacă luăm însă în considerare acest conţinut, precizia absolută a măsurătorii este o măsură pe deplin legitimă şi există o precizare infinit continuabilă a valorii mărimii. Această precizare ne dă valoarea absolut, infinit precisă a mărimii măsurate, care se formează dintr-o infinitate de valori finite. Ca ilustrare a consideraţiilor noastre, vom lua exemplul de mai sus al lui Born. În acest exemplu, inexactitatea în predicţia poziţiei la un anumit moment creşte cu timpul şi este dată de expresia $\Delta x = t.\Delta v_o$, unde Δv_o este imprecizia în determinarea vitezei iniţiale (pe care, după Born, nu o putem elimina). După ce am ajuns la momentul critic $t_c = l/\Delta v_o$, unde l este distanţa între pereţi, imprecizia $\Delta x > l$ şi particula se află undeva în intervalul $0 < x < l$, unde 0 este începutul intervalului, iar x coordonata particulei. Pe măsură ce Δv_o descreşte, momentul critic t_c se îndepărtează, dar el rămîne finit pentru orice valoare finită a lui Δv_o. Born arată că $t_c = \infty$ numai pentru $\Delta v_o = 0$. Dar el exclude valoarea precisă a vitezei şi de aceea, după cum ştim, ajunge la concluzia că mecanica clasică este indeterministă. În realitate $\Delta v_o = 0$ înseamnă trecerea lui Δv_o la o limită egală cu 0 şi astfel dispare interpretarea valorii exacte a mărimii, după Born, ca şi concluzia sa indeterministă: după cum ştim, trecerea la limită nu este decît o altă expresie pentru cunoaşterea infinitului, despre care am vorbit mai sus.

Trecem acum la relaţia de nedeterminare, din următorul punct de vedere: infirmă ea oare cu adevărat determinismul, cauzalitatea, după cum susţin autorii care ignorează materialismul dialectic? Pentru a fi mai concreţi, vom analiza relaţia dintre impuls şi coordonată.

Relaţia de nedeterminare este o relaţie între impulsul *cuantic* şi coordonata *cuantică*, exprimînd proporţionalitatea inversă dintre deviaţia standard a operatorului impulsului şi a operatorului coordonatei. Această relaţie este o lege fundamentală a mecanicii cuantice şi, ca orice principiu fizic funda-

Scanned with OKEN Scanner

mental, ea are o mare valoare euristică. De exemplu, cu ajutorul ei s-a putut stabili că în nucleul atomic nu există electroni sau că la temperatura de zero absolut nu avem stare de repaus a particulelor. Experimentul contemporan este suficient de fin pentru a confirma adevărul acestei relaţii; acest lucru a fost relevat de D. I. Blohinţev[51].

Faptul că relaţia de nedeterminare este o relaţie între impulsul *cuantic* şi coordonata *cuantică* reprezintă după concepţia noastră, un punct hotărîtor pentru interpretarea corectă a conţinutului fizic al acestei relaţii. L. I. Mandelstam subliniază: „Relaţia de nedeterminare ne produce confuzie pentru că noi spunem că x şi p sînt coordonata şi impulsul şi credem că este vorba despre mărimile clasice corespunzătoare. Daţi lui x şi lui p denumirile de cvasicoordonată şi de cvasiimpuls, şi atunci relaţia dintre ele va supăra tot atît de puţin ca şi relaţia dintre v şi t"[52] (frecvenţa şi timpul în optica ondulatorie). În § 2 am făcut încercarea de a formula ideea fundamentală referitoare la această problemă, iar aici vom examina unele detalii.

Este cunoscut că şcoala de la Copenhaga foloseşte noţiuni clasice în descrierea fenomenelor atomice. După Heisenberg nici nu putem „construi o descriere fizică închegată, pe baza sistemului de noţiuni «cuantice»"[53]. Se pune întrebarea: de ce? Referindu-se la filozoful Weizsäcker, Heisenberg arată că noţiunile fizicii clasice joacă în interpretarea teoriei cuantice un rol similar cu cel al formelor apriorice ale intuiţiei din filozofia kantiană. După cum la Kant sînt proclamate apriorice noţiunile de spaţiu, timp şi cauzalitate, care formează în filozofia sa premisa oricărei experienţe, tot astfel, noţiunile fizicii clasice constituie baza aprioricâ a experienţei din teoria cuantică — spune Heisenberg. Totodată, el îi ia aprioricului kantian, dacă ne putem exprima astfel, pretenţia de a fi absolut: noţiunile apriorice ale fizicii clasice nu sînt potrivite pentru descrierea evenimentelor fine cu care au de-a face teoria relativităţii şi fizica cuantică[54]. Ca rezultat, Heisenberg ajunge la concluzia că în fizica cuantică nu este vorba despre natură, ci despre „natura aşa cum o gîndeşte şi o descrie

---

[51] Vezi D. I. Blohinţev, *Bazele mecanicii cuantice*, p. 503.
[52] L. I. Mandelstam, Poln. sobr. trudov, t. V, pp. 358—359.
[53] W. Heisenberg, *Die Planck'sche Entdeckung und die philosophischen Probleme der Atomphysik*, în „Universitas", nr. 2, 1959, pp. 135—149.
[54] Analiza critică a ideilor lui W. Heisenberg despre aprioric în mecanica cuantică este dată în articolul lui I. V. Kuzneţov, *Unde are dreptate şi unde greşeşte Werner Heisenberg*, în „Probleme de filozofie", nr. 11, 1958.

Scanned with OKEN Scanner

omul", prin noţiunile fizicii clasice, înnăscute sau obţinute pe calea intuiţiei.

Aşadar, după Heisenberg, teoria cuantică mai mult îl desparte pe om de lumea atomului, decît îl uneşte cu ea.

În cazul de faţă, Heisenberg ignorează dialectica noţiunilor, care reflectă dialectica lucrurilor. Ideea dialectică a mobilităţii şi a dezvoltării noţiunilor se aplică de mult (în trecut în mod spontan) în ştiinţă. La fel şi în fizică; de exemplu, o dată cu dezvoltarea fizicii clasice s-au schimbat semnificaţiile iniţiale ale cuvintelor „lumină" şi „sunet": există lumină invizibilă şi sunete care nu se aud; s-au schimbat şi noţiunile de masă, energie etc., păstrînd cîte ceva comun cu noţiunile iniţiale şi căpătînd totodată un conţinut mai profund.

Fizica neclasică nu constituie o excepţie. O dată cu pătrunderea fizicii în domeniul proceselor care se desfăşoară cu o viteză enormă, apropiată de viteza luminii, sau în lumea atomului se schimbă în mod necesar noţiunile clasice, care se subordonează unor noţiuni noi, mai cuprinzătoare şi mai bogate în conţinut şi care exprimă faptul că s-a realizat un nou pas înainte pe calea cunoaşterii naturii. De exemplu, comportarea electronului în atom seamănă într-o anumită privinţă cu mişcarea microparticulelor, dar în acelaşi timp electronul are proprietăţi ondulatorii, ceea ce îl face în ansamblu să nu semene nici cu o macroparticulă în mişcare, nici cu o undă în propagare.

În construirea fizicii neclasice capătă o importanţă esenţială următoarea particularitate în formarea noţiunilor ei. Noţiunile clasice nu sînt excluse dintr-o teorie neclasică, să zicem cea cuantică, ci se menţin, dar ele apar într-o altă formă decît cea pe care o avem în sistemul de noţiuni al fizicii clasice, anume în calitate de element al unei noţiuni clasice nou formate. De exemplu, în noţiunea de impuls cuantic rămîne, dacă se poate spune astfel, retrospectiv impulsul clasic, sub formă de valoare proprie a operatorului-impuls.

Această lege de formare a noţiunilor, cînd dintr-o teorie se dezvoltă o altă teorie mai cuprinzătoare şi mai bogată în conţinut, acţionează nu numai la trecerea fizicii clasice în cea neclasică, ci şi în cadrul fizicii clasice (dezvoltarea noţiunii de radiaţie, de masă etc.), în matematică (evoluţia noţiunii de număr, de dreaptă în geometrie etc.) şi în alte ştiinţe.

Scanned with OKEN Scanner

Problema aceasta nu intră în întregime în sarcina cercetării noastre. Cele spuse sînt suficiente pentru a trage concluzia că noţiunile cuantice, ca noţiuni noi care reflectă legile domeniului atomic, ca de exemplu impulsul cuantic, presupun ca element noţiunile clasice corespunzătoare. Prin intermediul acestora se realizează legătura dintre noţiunile cuantice şi indicaţiile aparatelor care ne comunică informaţii despre obiectele atomice reale. În consideraţiile citate mai sus ale lui Heisenberg despre noţiunile fizicii clasice ca bază aprioric a experienţei din teoria cuantică, este fixat în esenţă acelaşi lucru, însă într-o formă fantezistă, idealistă-kantiană. Să ne apropiem mai mult de problema noastră: confirmă oare sau infirmă relaţia de nedeterminare determinismul în fizică?

Considerată în sine, această relaţie dezvăluie legătura dintre anumite mărimi cuantice şi deci confirmă determinismul. Dar, afirmaţia că relaţia de nedeterminare este în divergenţă cu determinismul presupune că relaţia de nedeterminare face ca determinismul laplacean să devină lipsit de sens cînd studiem comportarea atomilor, şi de aceea se spune că determinismul ar fi suferit un faliment în mecanica cuantică. Determinismul nu are însă numai forma laplaceană (această formă corespunde mişcării macroparticulelor în conformitate cu legile mecanicii lui Newton). În plus, din relaţia de nedeterminare nu rezultă nici negaţia, nici confirmarea determinismului laplacean (mai exact, a noţiunii de lege mecanică din mecanica clasică). Relaţia de nedeterminare dezvăluie conţinutul noţiunii de stare cuantică, afirmînd că starea cuantică este de aşa natură încît în ea nu există simultan valori proprii ale operatorului-impuls şi ale operatorului-coordonată. Starea cuantică este caracterizată matematic, după cum ştim, de funcţia de undă care satisface ecuaţia de undă, ceea ce înseamnă, în ultimă instanţă, că starea cuantică la un moment dat este în mod necesar legată de o stare cuantică precedentă (adică în mecanica cuantică se realizează determinismul).

Relaţia de nedeterminare ar încălca determinismul laplacean, numai în cazul cînd s-ar demonstra pe baza ei că starea iniţială (caracterizată prin coordonată şi viteză) a sistemului căruia i se aplică o forţă nu determină univoc, după legile mecanicii lui Newton, starea sistemului la orice alt moment. Dar relaţia de nedeterminare nu are nimic comun cu o astfel de „demonstraţie", deoarece ea nu are nici o legătură

Scanned with OKEN Scanner

cu demonstrația adevărului determinismului laplacean (în cadrul mecanicii clasice).

Așadar, relația de nedeterminare exprimă trăsătura caracteristică a stării cuantice, care o deosebește radical de starea clasică. Mecanica cuantică este o teorie deterministă, dar determinismul ei nu este identic cu determinismul laplacean și în general cu determinismul din fizica clasică. Specificul legilor și al relațiilor mecanicii cuantice nu este determinat de faptul că comportarea microobiectelor ar elimina determinismul și cauzalitatea, ci de natura duală corpuscular-ondulatorie a microobiectelor.

Această interpretare a relației de nedeterminare, care presupune recunoașterea determinismului în mecanica cuantică, se bazează pe faptul că noțiunile mecanicii cuantice sînt noțiuni cuantice, noi, care se deosebesc calitativ de noțiunile clasice. Dacă vom interpreta relația de nedeterminare din punctul de vedere al noțiunilor clasice (cum se întîmplă adesea în literatura de specialitate), vom crea un teren pentru concepțiile idealiste asupra teoriei cuantice, inclusiv pentru indeterminism. Să ne oprim, în încheiere, la această problemă. După Heisenberg, relația de nedeterminare stabilește pentru particula atomică imposibilitatea de a determina simultan cu precizia dorită coordonata și impulsul. Or, putem măsura foarte precis coordonata, dar atunci se pierde pînă la un anumit grad, din cauza imixtiunii aparatului, cunoașterea impulsului, ori, dimpotrivă, se pierde cunoașterea coordonatei din cauza măsurării impulsului, astfel încît pentru produsul celor două imprecizii există o limită inferioară, dată de constanta lui Planck[55].

Concepînd astfel relația de nedeterminare, Heisenberg ajunge la concluzia că „cunoașterea incompletă a sistemului trebuie să fie o parte componentă esențială a formulării teoriei cuantice“ și, de aceea, „legile cuantice trebuie să fie de tip statistic“[56]. Mai departe, el spune că elementul statistic al fizicii atomice, incompatibil cu determinismul, nu joacă nici un rol pentru procesele macroscopice, deoarece din legile statistice ale acestor procese obținem o probabilitate atît de mare, încît putem spune: practic, macroprocesele sînt deterministe (excluzînd cazurile cînd un macroproces depinde de comportarea a unui sau mai multor atomi[57]).

---

[55] Vezi W. Heisenberg, *Das Naturbild der heutigen Physik*, p. 28.
[56] *Ibidem*, p. 29.
[57] *Ibidem*, p. 30.

Scanned with OKEN Scanner

Această interpretare a relației de nedeterminare, al cărui punct de plecare este că în mecanica cuantică nu există în principiu noi noțiuni cuantice, nu poate fi considerată consistentă, după cum s-a arătat în expunerea de pînă aici.

Așadar, în primul rînd, relația de nedeterminare stabilește nu atît limita impreciziilor măsurării concomitente a coordonatei și a impulsului unei microparticule, cît limita aplicabilității simultane a noțiunii de coordonată și impuls (sau a noțiunii clasice de particulă), să zicem la electron. Această limită nu există în virtutea interacțiunii necontrolabile a microobiectului cu macroaparatul, ci pentru că relația de nedeterminare este o relație între impulsul cuantic și coordonata cuantică (în formulare operatorială). Din relația impulsului cuantic cu coordonata cuantică reiese de la sine indicarea existenței limitei de aplicabilitate a noțiunii de particulă clasică. Din relația de comutare $P_xX - XP_x = h/i$, deducem matematic relația $\Delta x \, \Delta p \geqslant \frac{\hbar}{2}$, după cum din principiul conservării energiei reiese imposibilitatea unui *perpetuum mobile*.

În al doilea rînd, a vorbi despre cunoașterea (în principiu) incompletă a microparticulei, despre lipsa cauzalității în comportarea microparticulei, despre reconsiderarea noțiunii de realitate invocînd faptul că experimentele atomice nu se încadrează în sistemul de noțiuni al fizicii clasice înseamnă a comite erori de ordin filozofic. Conținutul noțiunilor de realitate obiectivă, determinism și cauzalitate, cunoaștere etc. nu se reduce la conținutul pe care îl acordă acestor noțiuni fizica clasică și în general orice altă teorie fizică. Aceste noțiuni filozofice sînt incomparabil mai largi și nici o teorie științifică nu se poate lipsi de ele. Bohr înclină și el în felul său spre această idee, atunci cînd în una din ultimele sale lucrări renunță la noțiunea de necontrolabilitate principială, pe care a folosit-o în lucrări anterioare.

„... Se poate spune — scrie el — că un cadru mai larg al complementarității nu înseamnă cîtuși de puțin o renunțare arbitrară la idealul cauzalității. Noțiunea de complementaritate exprimă nemijlocit poziția noastră în problema reflectării proprietăților fundamentale ale materiei, care erau considerate susceptibile de o descriere faptică clasică, dar care s-au situat în afara limitelor acestei aplicabilități"[58].

În al treilea rînd, specificitatea statistică a legilor mecanicii

---

[58] Niels Bohr, *Fizica cuantică și filozofia*, UFN, vol. LXVII, fasc. 1, 1959, p. 42.

Scanned with OKEN Scanner

cuantice nu este de loc un rezultat al faptului că în formularea legilor mecanicii cuantice intră ca o parte inalienabilă cunoașterea noastră incompletă a sistemului (care se deosebește în această privință de mecanica statistică, deoarece ea recunoștea ca incopletă cunoașterea sistemului numai pe plan practic, nu și în principiu). Teoriile statistice cuantice, ca și legile mecanicii statistice, sînt legi obiective. Legătura dintre mărimile cuantice, referitoare la schimbarea de stare în timp, nu au numai caracterul unor legi statistice sau dinamice, și în aceasta constă specificul legilor statistice (probabilistice) ale mecanicii cuantice. În cazul de față, problema nu constă în a recunoaște o anumită latură din culise a legilor statistice ca fiind subordonată unei legi dinamice. Acest din urmă fapt (adică recunoașterea caracterului primar al legilor dinamice) este tot atît de greșit ca și recunoașterea caracterului primar al legilor statistice. În mecanica cuantică se realizează o sinteză a reprezentărilor statistice și dinamice asupra legilor atomului și nu reducerea unora la celelalte.

În aparatul matematic al mecanicii cuantice, această trăsătură a legilor cuantice și-a găsit o expresie adecvată. De exemplu, în mecanica cuantică se studiază cazul cînd valoarea proprie a operatorului coordonatei electronului este determinată cu toată precizia. Aceasta înseamnă că (în anumite condiții) electronul s-a aflat într-un loc determinat. Ar fi greșit să considerăm aceste cazuri ca fiind doar cazuri particulare ale unei relații statistice mai generale. Fără ele, însăși noțiunea de mărime cuantică, reprezentată matematic printr-un operator, și-ar pierde orice sens.

Așadar, relația de nedeterminare care dezvăluie conținutul noțiunii de stare cuantică pune într-un mod mai profund problemele statisticității legilor fizicii, a naturii probabilității în fizică etc. decît le-a pus și le-a rezolvat fizica clasică. În mecanica cuantică, noțiunile de probabilitate și întîmplare s-au încadrat în categoria de lege, s-au împletit organic cu noțiunile de realitate, necesitate, legitate. Problemele acestea vor fi studiate în paragrafele următoare.

6. Realitate și posibilitate în fizica clasică

În ultimul timp au apărut lucrări ale unor fizicieni în care se stabilește semnificația noțiunilor de realitate și posibilitate în aplicarea lor la soluționarea problemelor filozofice ale

Scanned with OKEN Scanner

teoriei cuantice. Heisenberg[59] a scris mult (ce e drept în spiritul idealismului lui Platon) despre posibilitate și despre rolul ei important în analiza noțiunii de stare cuantică. Există o serie de importante exprimări ale lui Born despre realitate și posibilitate cu aplicare la fizica atomică[60]. În această ordine de idei prezintă un mare interes lucrarea lui V. A. Fok: *Despre interpretarea mecanicii cuantice*[61], în care se arată că fără categoria de posibilitate obiectivă, concepută în spiritul materialismului dialectic, nu putem rezolva corect problemele filozofice pe care le pune mecanica cuantică.

Noțiunilor de realitate și de posibilitate, ca și foarte multor altor noțiuni generale folosite în filozofie și în științele naturii, li se atribuie adesea o semnificație diferită. De exemplu, M. Born atrage atenția asupra faptului că noțiunea de „realitate" este utilizată în repetate rînduri cu sensul de „adevăr". Există și alte semnificații ale acestei noțiuni. Din cauza multiplicității de semnificații ale noțiunilor se produc diverse confuzii, lucru despre care s-a scris mai mult decît suficient în literatura filozofică. Vom cerceta noțiunile de realitate și de posibilitate în calitatea lor de categorii care reflectă realitatea obiectivă, lucrurile și procesele materiale sub unele aspecte determinate (vom defini mai departe specificul acestor aspecte). Începem prin a sublinia că nu identificăm noțiunile de „realitate obiectivă" și de „realitate"; cunoașterea realității este treapta cea mai înaltă în cunoașterea fenomenelor și a proceselor din realitatea obiectivă.

Să trecem la noțiunile de realitate și posibilitate.

Hegel definește realitatea ca unitate devenită nemijlocită a esenței și a existenței sau a interiorului și a exteriorului. Această definiție conține ideea profundă că fenomenele date nemijlocit și esența, legea etc. care se dezvăluie în ele sînt inseparabile în realitate, că cunoașterea obiectelor, a proceselor etc. în realitatea lor înseamnă cunoașterea unității esenței și a existenței lor. Realitatea unui lucru îmbină în sine și mijlocirea esenței sale și nemijlocirea existenței sale.

Posibilitatea este un moment al realității, anume interiorul realității; posibilitatea realizării a ceva este determinată de întregul ansamblu al momentelor realității. Posibilitatea se

---

[59] Vezi lucrările menționate mai sus ale lui Heisenberg, în special din „Niels Bohr și dezvoltarea fizicii".

[60] Lucrările citate ale lui M. Born.

[61] UFN, vol. LXVII, fasc. 4, 1957.

Scanned with OKEN Scanner

transformă în realitate în condiţiile corespunzătoare şi aceasta înseamnă dispariţia unei realităţi şi concomitent naşterea unei alte realităţi cu posibilităţile ei. În general, categoriile de realitate şi posibilitate apar pe primul plan atunci cînd se studiază dezvoltarea unui lucru, transformarea a ceva în altceva, procesul dispariţiei vechiului, concomitent cu naşterea noului.

Posibilitatea unui lucru, a unui eveniment, a unei proprietăţi etc. înseamnă o existenţă a unui obiect care nu s-a realizat încă. Noţiunea de posibilitate a unui eveniment presupune că acesta poate să se producă aşa sau altfel, nu însă numai aşa şi nu altfel. În cazul contrar, posibilitatea nu ar fi un moment al realităţii, ci însăşi realitatea; cu alte cuvinte, realizarea unei posibilităţi tocmai într-un fel dat, şi nu în altul, într-o formă dată, şi nu într-alta, ar fi predeterminată pentru eternitate.

De aici reiese clar, în particular, că posibilul şi întîmplătorul sînt legate între ele, căci existenţa întîmplării obiective anihilează, după cum se ştie, recunoaşterea necesităţii fatale în natură.

În cunoaşterea conexiunilor necesare, legice obiective ale naturii, revine un rol important noţiunii de probabilitate, dezvoltată în ştiinţele fizico-matematice. Este o noţiune de acelaşi ordin cu cea de posibilitate. Probabilitatea nu este o noţiune ce caracterizează gradul cunoaşterii noastre, după cum posibilitatea nu este o noţiune ce caracterizează conceptibilitatea unui lucru (deşi în anumite cazuri putem şi trebuie să atribuim noţiunilor de probabilitate şi de posibilitate tocmai aceste semnificaţii). Probabilul este o categorie obiectivă şi ea conţine posibilul, aşa-zicînd, sub aspectul său cantitativ; probabilitatea este măsura posibilităţii realizării unui eveniment anumit în cutare sau cutare condiţii determinate, care se pot repeta de un număr indefinit de ori.

În fizica clasică, al cărei obiect de cercetare permite să se ignoreze între anumite limite transformabilitatea reciprocă a realităţilor materiale, noţiunile de posibilitate şi realitate puteau fi considerate independent una de cealaltă.

Pe plan teoretic, aceasta înseamnă că se recunoştea numai realitatea ca obiect al ştiinţei; în practica ştiinţifică, aceasta a făcut ca posibilitatea să existe paralel cu realitatea şi să-i fie opusă.

Astfel, în mecanica clasică a existat un principiu: evenimentele viitoare sînt predeterminate de evenimentele prezente,

Scanned with OKEN Scanner

deci posibilitatea trebuie să se realizeze numai în forma în care ea se realizează. Posibilitatea realizării unui eveniment în mecanica clasică nu se deosebea deci de necesitate şi, de aceea, în mecanica clasică nici nu putea fi vorba despre probabilitate pe plan principial (determinism laplacean). În acelaşi timp, imposibilitatea de a prevedea evenimentele dincolo de anumite limite determinate, inclusiv temporale, era interpretată în mecanica clasică ca un rezultat al incompletitudinii cunoaşterii condiţiilor iniţiale; de aceea, în practică, erau admise întîmplările şi s-au introdus noţiunile probabilistice.

Teoriile statistice ale fizicii clasice nu constituiau nici ele excepţii. După cum am arătat mai sus, într-o altă ordine de idei, Gibbs, de exemplu, considera că aplicarea în fizică a noţiunilor probabilistice este determinată de lipsa de finețe a organelor noastre de simţ şi a instrumentelor de măsură. Dar, în rezolvarea problemelor legate de fenomene de masă dintr-o anumită clasă, nu se putea face faţă fără noţiunile probabilistice. Ideile legate de noţiunile probabilistice au apărut inevitabil în fizica clasică, dar sub formă de ipoteze care completau principiile aşa-zis de tip dinamic, pe care era întemeiată teoria corespunzătoare. De exemplu, teoria cinetică a gazelor a adăugat la principiile mecanicii clasice ipoteza dezordinii moleculare.

Rezumînd scurta noastră analiză a problemei posibilităţii în fizica clasică, trebuie să subliniem că aici problema posibilităţii nu putea fi rezolvată sub aspectul legăturii ei cu realitatea, deoarece din punctul de vedere al teoriei clasice probabilităţile nu puteau interveni în legile fundamentale ale fizicii, ci apăreau în teorie independent de aceste legi.

Existenţa în cadrul teoriilor clasice a unor ipoteze legate de noţiunea de probabilitate şi a principiilor de tip dinamic a determinat întrucîtva conţinutul aşa-numitei teorii a nivelelor (L. de Broglie, D. Bohm, J. P. Vigier), ale cărei idei au fost dezvoltate pe plan filozofic de către D. Bohm[62]. Să ne oprim pe scurt asupra acestor idei.

Se ştie că fluctuaţiile dezordonate ale mişcării unei particule browniene îşi au fundamentul în acţiunea mişcării haotice a moleculelor. Bohm consideră că majoritatea factorilor care determină variaţiile haotice din mişcarea browniană se află la nivelul mişcărilor atomice şi nu al mişcării browniene, din care cauză observăm la nivelul mişcării browniene în

---

[62] Vezi D. Bohm, *Cauzalitate şi întîmplare în fizica modernă*, M., IL, 1959.

Scanned with OKEN Scanner

general numai repetări statistice, însă pentru studiul detaliilor precise ale mişcării acest nivel este insuficient de complet[63]. Pentru explicarea „îmbinării stranii — cum se exprimă Bohm — a aspectului determinist cu cel statistic“[64], de care s-a lovit fizica în domeniul atomic, se introduce o ipoteză similară. Astfel, pentru a cerceta toate detaliile mişcării unui electron izolat, a unei cuante luminoase etc., trebuie să trecem la un nivel mai profund, deocamdată necunoscut, al cărui raport faţă de nivelul atomic este acelaşi cu raportul nivelului atomic faţă de cel al mişcării browniene. În acest caz este pe deplin posibil ca proprietăţile care sînt deterministe la nivelul atomic să depindă de factori existenţi chiar la nivelul atomic, iar proprietăţile de ordin statistic să fie determinate de factori de la nivelul mai profund. Din acest punct de vedere, de exemplu, ne putem imagina că „la un nivel mai elementar, atomii de energie indivizibili sînt divizibili“[65].

Aşadar, după Bohm, există „un nivel subcuantic de mişcare determinată, continuă şi cauzală“, care conduce la legile mecanicii cuantice ca o aproximaţie valabilă la nivelul atomic[66].

Dacă vom considera numai entităţile care pot fi definite exclusiv la nivelul cuantic, mişcarea lor va fi nedeterministă în cel mai deplin sens al cuvîntului, pentru că factorii determinanţi importanţi nu pot fi definiţi la acest nivel[67].

Din punctul de vedere al acestor consideraţii ale lui Bohm, „legile cauzale“ şi „legile hazardului“ *coexistă,* reprezentînd cele două laturi ale unui acelaşi proces real. Sau, ca să folosim cuvintele lui Bohm: diversele tipuri de lucruri sînt repartizate pe nivele; fiecare nivel se încadrează în structura nivelelor mai înalte şi, invers, proprietăţile sale depind de condiţiile ambianţei comune. Tocmai de aceea un sistem de legi pur deterministe nu poate fi absolut valabil, deoarece el îmbrăţişează numai un număr finit de lucruri şi nu ţine seama de infinitatea de factori conţinuţi în nivelele situate mai jos şi mai sus, de care ţin aceste lucruri[68]. În rezumat, „legile cauzale“ şi „legile hazardului“ trebuie considerate ca „puncte de vedere diferite care se completează reciproc

---

[63] Vezi D. Bohm, *op. cit.*, p. 123.
[64] *Ibidem*, p. 122.
[65] *Ibidem*, pp. 123—125.
[66] *Ibidem*, pp. 157—160.
[67] *Ibidem*, p. 159.
[68] *Ibidem*, pp. 203—204.

Scanned with OKEN Scanner

asupra oricărui proces natural concret, astfel încît uneori pentru a putea cuprinde esențialul avem nevoie cînd de un punct de vedere, cînd de celălalt, iar cîteodată sîntem nevoiți să îmbinăm într-un mod corespunzător ambele puncte de vedere“[69].

Deși teoria nivelelor nu este afectată de defectul fundamental al determinismului mecanicist, care constă în negarea întîmplării obiective, deși această teorie critică indeterminismul și dezvoltă importanta idee dialectică a infinității calitative a naturii, teoria nivelelor, în forma pe care i-a dat-o Bohm, prezintă lipsuri serioase.

În primul rînd, Bohm desparte necesitatea de întîmplare și, în esență, le opune una celeilalte. De exemplu, Bohm susține: „...Punctul nostru de vedere diferă de cel obișnuit (este vorba despre interpretarea de la Copenhaga — *Aut.*) nu prin prezența indeterminismului, și nu prin necesitatea aplicării teoriei statistice, deoarece aceste teorii sînt comune ambelor puncte de vedere... Deosebirea fundamentală constă în faptul că noi considerăm această formă specială de indeterminism și necesitatea considerării statistice specifice drept ceva inerent numai nivelului cuantic...“[70]. Nu putem fi de acord cu toate acestea. Legile dinamice și cele statistice, în legătura lor indisolubilă, acționează la nivelul proceselor microscopice, al fenomenelor atomice, al proceselor subatomice. Aceste legi sînt oglindite în unitatea lor de către fizică, cu un grad mai mare sau mai mic de completitudine și de profunzime, în funcție de specificul respectivului nivel, de luarea în considerare a relațiilor sale cu celelalte nivele, de condițiile cercetării, de trăsăturile obiectelor studiate etc. Mai departe, din punctul de vedere al teoriei nivelelor, întîmplătorul nu este de loc explicat prin necesar. Conform acestei teorii, abordarea unui fenomen prin prisma categoriei întîmplării nu este decît corectată și completată prin luarea în considerare a conexiunii necesare, și reciproc: abordarea fenomenului prin prisma categoriei de necesitate trebuie corectată și completată, ținînd seama de factorii aleatori neesențiali. Astfel, Bohm scrie: „...După cum o lege cauzală poate lua naștere ca aproximație statistică a comportării medii a unui mare ansamblu de elemente, care suferă fluctuații

---

[69] Vezi D. Bohm, op. cit., p. 207.

[70] Facem abstracție de inexactitățile terminologice ale lui Bohm. De exemplu, Bohm denumește „statisticitatea“: indeterminism etc. (*op. cit.*, p. 159).

Scanned with OKEN Scanner

dezordonate, tot astfel o lege întîmplătoare poate apărea sub forma aproximării statistice a acțiunilor unui mare număr de factori cauzali, care se mișcă în esență independent"[71].

Dar, cînd este vorba despre o „lege cauzală", apare sarcina de a stabili fundamentul fluctuațiilor dezordonate, adică de a recunoaște fie determinismul primar, fie indeterminismul primar al elementelor. Cînd este vorba însă despre o „lege întîmplătoare", trebuie să avem în vedere că „un mare număr de factori cauzali, care se mișcă în esență independent, formează un ansamblu statistic, adică reajungem în fața dilemei: elementele ansamblului statistic sînt primar determinate sau primar nedeterminate ? În teoria nivelelor, această dilemă nu este soluționată, ci ocolită, deoarece, după Bohm, necesitatea și întîmplarea sînt interdependente, dar interdependența lor are caracterul unei conexiuni pur exterioare și nu este decît o coexistență a necesarului și a întîmplătorului.

Bineînțeles, afirmația lui Bohm că „în realitate, nici legile cauzale, nici legile întîmplătoare nu pot fi vreodată absolut corecte"[72] este justă, dar nu pentru că „fiecare dintre ele pierde o anumită latură din ceea ce există în sfere mai largi de fenomene"[73], ci în virtutea faptului că necesarul este în aceeași măsură întîmplător în care întîmplătorul este necesar.

În sfîrșit, după concepția noastră, în teoria nivelelor lipsește ideea posibilității obiective, și în această privință ea nu se deosebește de concepția determinismului mecanicist. În fizica clasică, faptul că aparatul teoriei probabilităților era adoptat nu atît din punctul de vedere al reflectării realității obiective prin noțiuni probabilistice, ci din punctul de vedere al deservirii legilor statistice, avea o justificare și în aceea că teoria clasică studia legile fenomenelor aleatorii de masă, considerînd că diversele particule individuale care constituie ansamblele statistice se mișcă după legile mecanicii lui Newton. În fond, teoria nivelelor a încercat să extindă aceeași tratare la legile mecanicii cuantice și ale fizicii cuantice în general, deși, după cum rezultă din conținutul teoriei cuantice (și am vorbit despre aceasta în toată lucrarea noastră), nu există în realitate motive pentru o astfel de tratare a fenomenelor atomice. Microparticulele nu sînt corpusculii cu

---

[71] D. Bohm, *op. cit.*, p. 207.

[72] *Ibidem.*

[73] *Ibidem*, p. 217.

Scanned with OKEN Scanner

care opera mecanică clasică; natura dual, corpuscular-ondulatorie a microparticulelor înseamnă că problema probabilităţii şi a statisticii în teoria cuantică nu poate fi soluţionată în spiritul reprezentărilor clasice.

În cazul de faţă, Bohm susţine un alt punct de vedere, care se reduce la următoarele. Se admite că de fiecare particulă elementară este legat un corp care, la nivelul atomic, este considerat cu aproximaţie, în majoritatea aplicaţiilor, ca un punct matematic. Corpului îi este asociată o undă, reprezentînd oscilaţia unui cîmp nou, descris de funcţia ψ. Corpul şi cîmpul sînt asociate în sensul că acţiunea cîmpului ψ asupra corpului reprezintă un nou gen de forţă „cuantică", care se manifestă sensibil numai la nivelul atomic, dar nu apare cînd studiem fenomenele la nivelul macroscopic. La rîndul său, corpul acţionează asupra cîmpului ψ şi această acţiune inversă, considerabilă în domeniul subcuantic, este neglijabilă în domeniul cuantic[74].

Mai departe, se admite că şi cîmpul ψ suferă fluctuaţii în raport cu valoarea medie care satisface ecuaţia lui Schrödinger şi că aceste fluctuaţii se transmit corpului. Atunci, detalii ale acestor fluctuaţii ar reprezenta proprietăţi ale cîmpului, legate de nivelul subcuantic, iar la nivelul cuantic comportarea particulelor ar fi considerată pur statistic. Fluctuaţiile ipotetice determină tendinţa către o mişcare dezordonată a corpului, dar forţa „cuantică" existentă contracarează această tendinţă şi îndreaptă corpul spre regiunea în care cîmpul ψ are cea mai mare intensitate. Ca rezultat obţinem o distribuţie medie a ansamblului statistic de corpuri, care predomină în regiunea de maximă intensitate a cîmpului ψ şi lasă deschisă posibilitatea pentru corp de a rămîne un oarecare timp acolo unde cîmpul ψ este relativ slab[75].

Aşadar, în orice proces, „atît unda cît şi particula pot exista împreună, sub forma unei unităţi" — scrie Bohm[76].

Deci, „unitatea undelor şi a particulelor" din teoria nivelelor nu este unitatea proprietăţilor corpusculare şi ondulatorii opuse ale materiei, ci „o combinaţie de particulă şi de cîmp"[77],

---

[74] Vezi D. Bohm, *op. cit.*, pp. 166—167.
[75] *Ibidem*, p. 169.
[76] *Ibidem*, p. 166.
[77] *Ibidem*, p. 172.

Scanned with OKEN Scanner

o coexistență a undelor și a particulelor într-o anumită imagine mecanică. Se înțelege că această interpretare a microparticulei conduce inevitabil la reprezentarea coexistenței „legilor cauzale" și a „legilor hazardului", pe care o cunoaștem. De aici, reiese cît se poate de firesc că în teoria nivelelor posibilitatea și probabilitatea nu apar în calitate de categorii obiective. Bohm consideră probabilitatea și statistica din fizica clasică în lumina noțiunilor mecanicii clasice. De exemplu, el susține că rezultatele teoriei nivelelor arată că „reprezentările mecanice se pot aplica mai bine domeniului cuantic decît s-a crezut pînă acum"[78].

Credem că nu putem fi de acord cu aceste formulări ale lui Bohm. În teoria nivelelor nu și-a găsit o expresie ceea ce se numește în mecanica cuantică simetria dintre particule și unde. În particular, teoria nivelelor exclude o trăsătură esențială a mecanicii cuantice: starea cuantică este descrisă prin funcția de undă exprimată în coordonate, precum și cu același drept, prin funcția de undă exprimată prin impuls și legiferează în fapt numai interpretarea corpusculară, „corectată" în spiritul ideilor mecaniciste ale fizicii clasice. Să tragem concluziile: teoria nivelelor a lui Bohm rezolvă problema naturii probabilității în mecanica cuantică în spiritul ideilor fizicii clasice, ceea ce contrazice conținutul teoriei cuantice.

7. Noțiunile de realitate și posibilitate în fizica cuantică

În mecanica cuantică probabilitatea ca măsură a posibilității intervine în legile fundamentale, adică posibilitatea este organic legată de realitate, iar probabilitatea nu poate să nu fie obiectivă, reflectată în noțiunile corespunzătoare ale mecanicii cuantice. Se știe că în mecanica cuantică, după funcția de undă, putem calcula valorile proprii ale operatorilor mărimilor, dacă această funcție de undă este funcție proprie a respectivilor operatori, și că după aceeași funcție de undă putem calcula valoarea medie a operatorilor sau probabilitățile valorilor medii ale operatorilor, dacă funcția de undă nu este funcție proprie a acestor operatori. Aceasta înseamnă că în mecanica cuantică nu putem trata probabili-

[78] D. Bohm, *op. cit.*, p. 188.

Scanned with OKEN Scanner

tatea drept ceva subiectiv și rupt de realitate. Să analizăm mai îndeaproape această problemă.

Fie un flux dintr-un mare număr de electroni, care cade dinspre stînga pe un ecran cu două fante. Atunci electronii care trec prin fante vor da o imagine de difracție pe placa fotografică din dreapta ecranului. În acest experiment mintal, sînt esențiale următoarele: componentele fluxului care trec prin fantă interferă unele cu altele. Dacă admitem că electronii sînt particule clasice, atunci imaginea de difracție ar însemna că în unele cazuri electronii se anihilează, iar în altele apar din nimic; dar aceasta contrazice legile de conservare. Rămîne să admitem că electronul interferă cu sine însuși[79], cu alte cuvinte, electronul are paralel cu proprietățile corpusculare și proprietăți ondulatorii. Dar atunci probabilitățile nimeririi electronului în anumite puncte ale plăcii fotografice nu pot fi interpretate în spiritul că ele ar reprezenta un rezultat al ignorării (sau al necunoașterii) unora dintre detaliile mișcării electronului. Căci din punctul de vedere al teoriei clasice este absurd ca probabilitatea nimeririi electronului într-un anumit punct al plăcii fotografice, trecînd prin două fante deschise, să fie nulă, iar în cazul unei singure fante deschise (indiferent care), probabilitatea electronului de a nimeri în același loc ar avea o valoare determinată.

Așadar, natura dual corpuscular-ondulatorie a microparticulelor face ca probabilitatea în mecanica cuantică să nu fie de loc un rezultat al simplei aplicări a principiilor teoriei probabilității la mișcările unor particule de tip clasic. Mecanica cuantică seamănă cu mecanica statistică, deoarece ambele teorii admit probabilitatea în starea inițială. Mecanica cuantică seamănă și cu teoria generală a proceselor stochastice, deoarece ambele teorii admit probabilitatea în trecerea de la o stare la alta. Dar sub aspectul fundamentului ei teoretic, mecanica cuantică nu este de loc identică cu teoriile statistice ale fizicii clasice, iar funcția de undă, după care calculăm în mecanica cuantică probabilitățile valorilor proprii ale operatorilor, este radical deosebită de funcția de distribuție a probabilităților din teoria statistică clasică.

Care este natura probabilităților cuantice, sau care este fundamentul probabilității în mecanica cuantică?

---

[79] Vezi P. A. Dirac, *Elemente de mecanică cuantică*, p. 17.

Scanned with OKEN Scanner

Răspunsul la această întrebare se impune de la sine, din cele spuse mai sus. Probabilităţile valorilor mărimilor cuantice îşi au baza în unitatea, în identitatea proprietăţilor corpusculare şi ondulatorii opuse ale microobiectelor. De aceea, aceste probabilităţi nu sînt ceva exterior legilor fenomenelor atomice, apărut ca rezultat al ignorării unor circumstanţe, ci intervin în mod necesar în aceste legi. Din acest punct de vedere, funcţia de undă se referă la un microobiect individual; ea caracterizează simultan proprietăţile microobiectului în condiţii date, precum şi cele pe care le va avea în alte condiţii, care le exclud pe acestea. Aceasta concordă pe deplin cu noţiunea de probabilitate cuantică, deoarece probabilitatea unei anumite comportări a microobiectului nu este introdusă dinafară, ci este intim legată de proprietăţile microobiectului în momentul considerat al existenţei sale.

Cercetînd legile mişcărilor atomice în care figurează probabilităţi, mecanica cuantică rezolvă în mod firesc problema trecerii de la posibilitate la realitate, problema realizării legilor probabilistice. Această problemă nu poate fi evitată în mecanica cuantică, între altele pentru că apare necesitatea de a determina experimental valoarea numerică a probabilităţii, fără de care mecanica cuantică nu ar fi o teorie fizică.

Dacă este vorba despre latura filozofică a chestiunii, atunci posibilitatea nu este cunoscută nemijlocit, ci mijlocit prin cunoaşterea realităţii. Calea indirectă a cunoaşterii posibilităţii corespunde faptului că posibilitatea este interiorul realităţii, adică există datorită realităţii. Din punctul de vedere al fizicii, aceasta înseamnă că pentru trecerea de la posibilitate la realitate, de la probabilitatea unui proces sau a valorii unei mărimi fizice la ceea ce s-a realizat, este nevoie fie de o repetare infinită a condiţiilor în care se produce realizarea, fie de o infinitate de fenomene reprezentînd posibilităţile realizate în condiţiile respective. Pe scurt, este necesar să se introducă în teoria cuantică noţiunea de ansamblu statistic. Aceasta este justificat şi de faptul că teoria cuantică se ocupă de fenomene fizice care apar în urma acţiunii unor ansamble uriaşe (spectrele radioactivităţii [α] etc.) şi nu a unor indivizi izolaţi.

Aşadar, ideile dialectice ale unităţii dintre realitate şi posibilitate, precum şi ale transformării posibilităţii în realitate şi-au găsit o largă aplicare în mecanica cuantică, pe care nu o putem înţelege just din punct de vedere filozofic dacă nu recurgem la aceste idei.

Scanned with OKEN Scanner

Vom rezuma acum punctul de vedere al lui Heisenberg asupra posibilităţii şi realităţii în mecanica cuantică, recurgînd la următoarea schemă:

Reprezentarea simbolică a proceselor atomice	*Cunoaşterea fizică a proceselor atomice*
Reprezentarea simbolică a stărilor prin funcţia de undă.	Descrierea stării prin noţiuni clasice.
Ecuaţia de undă cu caracter dinamic.	Legi statistice.
Funcţia de undă, care guvernează posibilitatea, caracterizează simbolic complet starea particulei atomice.	Cunoaşterea „realităţii“ este o cunoaştere incompletă.
Caracterizarea proceselor atomice prin funcţia de undă este o caracterizare pe deplin obiectivă, adică nu conţine referiri la observator (la aparat).	Descrierea prin noţiuni clasice conţine inevitabil un element „subiectiv“, adică o afirmaţie în legătură cu observatorul (cu aparatul).

Trecerea de la posibilitate la realitate sau de la matematica atomului la fizica atomului se realizează prin introducerea în teoria cuantică a noţiunilor clasice sau a referirilor la observator (la aparat).

Aşadar, după Heisenberg, posibilitatea este ceva care se situează între ideea de eveniment şi evenimentul real. Elementul statistic intervine în teoria cuantică numai pentru că procesele atomice nu pot fi descrise altfel decît prin noţiuni clasice, iar acestea se aplică proceselor atomice numai cu o precizie limitată. Cu alte cuvinte, după Heisenberg, teoria cuantică nu se referă la natură ca atare, ci la natura supusă acţiunii metodelor de investigaţie ale omului; acesta este motivul pentru care statistica îşi face apariţia în teoria cuantică.

Analiza critică a acestor concepţii ale lui Heisenberg a fost dată în paragrafele precedente; vom trece la alte probleme ale temei noastre.

În analiza problemei determinismului în fizica cuantică prezintă o mare importanţă teza infinităţii naturii, a inepuizabilităţii materiei şi a oricăreia dintre particulele ei, a infinităţii materiei în suprafaţă şi în adîncime. Această infinitate se compune dintr-o mulţime infinită de obiecte finite, la diverse nivele (particule „elementare“, particule atomice, macrocorpuri, formaţii cosmice — o clasificare pe care o dăm în linii foarte mari), şi la care, trecerile de la un nivel la altul fiind treceri ale cantităţii în calitate şi invers.

Scanned with OKEN Scanner

Conducîndu-ne după această teză, putem spune că cunoașterea unui lucru (sau a unui proces) înseamnă cunoașterea lui ca element al unui întreg (de exemplu, atomul este un element al moleculei) și, totodată, cunoașterea lui ca întreg (atomul este constituit din nucleu și electroni). Dezvoltarea unilaterală a primului aspect generează tendința de a explica toate fenomenele naturii plecînd de la cunoașterea fenomenelor elementare (tratarea atomistă). Dezvoltarea unilaterală a celui de-al doilea aspect generează tendința de a explica fenomenele elementare pe baza cunoașterii întregului (tratarea integralistă).

În fizica clasică s-a situat pe primul plan tratarea atomistă, care și-a găsit expresia extremă în tabloul mecanic al lumii. În fizica relativistă a început să se impună tratarea integralistă, deși ea nu și-a găsit aici o expresie definitivă. În fizica atomică și în cea cuantică, ambele tratări s-au împletit, iar pe măsura dezvoltării fizicii cuantice, această legătură între aspectul atomist și cel integralist în cercetarea fenomenelor naturii devine tot mai organică și mai inseparabilă.

Astfel, potrivit reprezentărilor actuale, atomul nu numai că nu se reduce la o sumă de nucleoni și de electroni, dar aceste unități structurale ale atomului se deosebesc prin multe proprietăți de electronii, protonii și neutronii aflați în stare liberă.

Cînd trecem de la întreg la elementele sale și invers, cînd cercetăm sfera de fenomene corespunzătoare, capătă o importanță hotărîtoare întrebarea dacă întregul este un ansamblu dintr-un mare număr de obiecte la care este posibil să se aplice metoda statistică. Dacă lucrurile se prezintă astfel, atunci statistica și teoria probabilităților, legată de ea, trebuie cu necesitate să se încadreze, într-un fel sau altul, în teoria sferei de fenomene studiate, cu toate consecințele și generalizările care decurg de aici. Astfel, trecerea de la fenomenele macroscopice la cele moleculare sau atomice, precum și la procesele elementare, și trecerea inversă de la fenomenele elementare la cele macroscopice nu sînt posibile fără statistică și fără teoria probabilităților.

De aceea, problemele filozofice ale legității și ale cauzalității, ale necesității și ale întîmplării, ale realității și ale posibilității sînt inevitabile în fizica macroscopică și în cea microscopică; de aceste probleme ne-am ocupat mai sus.

În legătură cu problema aspectului atomist și a celui integralist în cunoașterea fenomenelor fizice, vom menționa că

Scanned with OKEN Scanner

ambele aspecte influențează concepția asupra legilor statistice. Amintim că tratarea atomistă conduce, în expresia ei extremă, la determinism laplacean, negînd întîmplarea obiectivă etc.

Adevărul se situează — și aceasta rezultă din legile dialecticii — la contactul tratării atomiste cu cea integralistă, și el constă în aceea că legile dinamice și cele statistice sînt în realitate inseparabile, respectiv că fenomenele macroscopice și cele microscopice sînt legate prin tranziții și în fond unitare. În esență, despre aceasta a fost vorba în întreaga lucrare, iar aici vom examina problemele numai pe planul temei paragrafului de față.

Este o afirmație banală că termodinamica fenomenologică (clasică) nu ne permite să obținem date despre comportarea unei molecule individuale sau a unui atom individual. În același timp, cunoașterea pozițiilor și a impulsurilor tuturor moleculelor unui gaz nu ne-ar conduce nicidecum la temperatura gazului și nu ar înlocui cunoașterea ei. Adevărul a fost găsit — și descoperirea lui a marcat un progres al fizicii — atunci cînd energia internă termodinamică a sistemului (care depinde de temperatură și de alți parametri macroscopici) a fost identificată cu valoarea statistică medie a sumei energiei particulelor care depinde de vitezele lor și de pozițiile lor relative. Această identificare a dinamicului și a statisticului, care a legat în ceva unitar o proprietate a corpurilor macroscopice de microstructura lor, a permis să se dea o fundare serioasă termodinamicii, depășindu-se deficiențele termodinamicii clasice (inclusiv o deficiență filozofică, cum a fost posibilitatea formală de a admite „moartea termică"), de a explica și descoperi noi fapte (de exemplu, fluctuațiile mărimilor termodinamice).

Dar, după cum știm, în limitele fizicii clasice, principiile legate de noțiuni probabilistice servesc numai ca o completare la legile fundamentale, iar probabilitățile diverselor evenimente posibile nu figurează în conținutul acestor legi. Din punctul de vedere al mecanicii clasice altfel nici nu se poate, deoarece aici particula care se mișcă în spațiu și în timp cu o viteză constantă rămîne pretutindeni și totdeauna identică cu ea însăși și-și schimbă viteza numai sub acțiunea altor particule. Dacă numărul acestor acțiuni este suficient de mare și ele sînt independente una de alta, avem de-a face cu o mișcare asemănătoare cu cea a particulei browniene. În problema naturii legilor statistice și a probabilității în fizică, teoria relativității nu a dat nimic nou față de fizica clasică,

Scanned with OKEN Scanner

și abia teoria cuantică, după cum se știe, a introdus în această problemă schimbări radicale.

Explicația acestei situații este următoarea. Teoria cuantică a pus în fizică problema reconsiderării noțiunii de particulă identică cu ea însăși, o noțiune dintre cele mai importante în fizica precuantică. În mecanica cuantică, particula în mișcare nu mai este considerată identică cu sine, deoarece ea nu are numai proprietăți corpusculare, ci proprietăți duale, corpuscular-ondulatorii. Relativitatea noțiunii de particulă identică cu sine devine mai clară în mecanica cuantică relativistă, conform căreia substanța și cîmpul nu există separat și în care încetează să acționeze legea conservării numărului și a speciei particulelor.

Potrivit cu aceasta, noțiunea inseparabilității particulelor de cîmpuri capătă un nou conținut, ceea ce-și găsește expresia în funcția de undă, care devine operator în teoria cuantică a cîmpului.

Natural, interpretarea probabilistică a funcției de undă în teoria cuantică a cîmpului nu este eliminată, ci capătă o nouă aprofundare, de care nu ne vom ocupa aici.

O dată cu dezvoltarea teoriei cuantice a cîmpului se precizează limitele aplicabilității noțiunii de particulă identică cu sine, ideea transformabilității reciproce a particulelor se situează pe primul plan și își subordonează ideea de particulă identică cu sine.

Bineînțeles, nu este adevărată afirmația că în teoria clasică și în cea relativistă ar fi cu totul absentă ideea de transformabilitate. Este suficient să dăm ca exemplu legea conservării și a transformării energiei pentru a face să cadă această afirmație. Dar teoriile precuantice admiteau că materia pe care o studiază fizica este constituită, în ultimă instanță, din cutare sau cutare elemente constante (puncte materiale și spațiu vid în mecanica clasică; cîmpul continuu în teoria lui Maxwell și în teoria relativității).

Fizica cuantică a eliminat ideea ultimelor cărămizi imuabile ale Cosmosului; particulele „elementare" sînt considerate aici ca transformîndu-se unele în altele, iar legea transformării reciproce a particulelor elementare stă la temelia edificiului fizicii actuale.

Teoria particulelor „elementare" nu este încă creată, iar problema creării ei se situează în centrul atenției fizicii din zilele noastre. Deocamdată există schițe ale unor teorii, dintre care prezintă un mare interes programul de teorie unitară a materiei al lui Heisenberg. Nu ne vom ocupa aici

Scanned with OKEN Scanner

de problema acestei teorii. Vom menționa numai că ea trebuie să lichideze dificultățile fizicii cuantice relativiste (expresiile divergente care figurează în teorie în locul valorilor finite observate empiric ale unor mărimi). Ea trebuie, de asemenea, să sintetizeze într-un tot microparticulele și cîmpurile, să deducă teoretic proprietățile cunoscute empiric ale particulelor elementare, precum și tipurile de transformări ale particulelor elementare.

Să cercetăm în încheiere unele laturi ale problemei cauzalității și determinismului, așa cum poate fi pusă în teoria matricei de difuzie (matricei S), formulată de Heisenberg, în particular pentru eliminarea divergențelor din fizica particulelor și a cîmpurilor.

Heisenberg a propus ca în locul ecuației de tip ondulatoriu, care determină după valoarea funcției de undă la un moment dat valoarea ei în orice alt moment (așa-numitul formalism hamiltonian, care presupune caracterul continuu al spațiului și timpului), un nou formalism: matricea de difuzie pentru domeniul spațio-temporal subatomic de ordinul a 10^{-13} cm și de 10^{-24} s. Matricea de difuzie este un operator care transformă funcția de undă dinaintea difuziei particulei în funcția de undă a particulei difuzate. Dacă difuzia are loc în domeniul subatomic, atunci starea corespunzătoare primei funcții de undă și starea corespunzătoare celei de-a doua trebuie să fie despărțite printr-un interval de timp mai mare decît intervalul temporal subatomic. Atunci, ecuația $\Psi_{\infty} = S\,\Psi_{\psi-\infty}$ (unde ψ este funcția de undă, iar S matricea de difuzie) exprimă legătura dintre valoarea funcției de undă la un moment din trecutul îndepărtat, $t = -\infty$, și valoarea ei în viitorul îndepărtat, $t = +\infty$.

Din acest punct de vedere, transferul interacțiunii într-o astfel de regiune spațio-temporală subatomică se produce cu o viteză mai mare decît viteza luminii și, după cum putem presupune, se încalcă succesiunea în timp a evenimentelor și conexiunea dintre cauze și efecte (acest din urmă lucru a fost admis de Heisenberg).

Nu avem însă nici o nevoie să propunem o interpretare ideală a proceselor din domeniul subatomic. Mai mulți autori, printre care și Heisenberg (în programul teoriei unitare a materiei), admit existența unei lungimi minime (de ordinul diametrului nucleului atomic, 10^{-13} cm), a unei constante universale care intervine în legile fundamentale ale naturii.

Scanned with OKEN Scanner

Această ipoteză înseamnă, eventual, că geometria bazată numai pe principiul continuităţii (continuul matematic) este insuficientă pentru descrierea proprietăţilor spaţiale ale materiei la nivelul subatomic (acelaşi lucru trebuie spus şi despre proprietăţile temporale ale dimensiunilor subatomice, pentru care este de presupus că timpul continuu se va dovedi insuficient).

Ajungem la concluzia că discontinuitatea (în legătura ei organică cu continuitatea) trebuie să intervină în noţiunile spaţiale şi temporale referitoare la domeniul subatomic, iar în conformitate cu aceasta, trebuie reconsiderate noţiunile spaţiale şi temporale ale fizicii.

Dar în acest caz, trebuie modificată şi noţiunea de viteză pentru domeniul subatomic. Această noţiune va trebui să reflecte caracterul discontinuu al spaţiului şi al timpului, deci să capete un nou conţinut faţă de noţiunea de viteză aplicată în domeniul macroscopic şi în cel atomic. Atunci, noţiunea „viteză mai mare decît viteza luminii" va putea avea alt sens decît cel din teoria relativităţii.

Cele arătate mai sus nu infirmă principiul teoriei relativităţii asupra caracterului limită al vitezei luminii, ci explică numai ideea că teoria viitoare va da o justificare mai profundă acestui principiu, stabilind limitele aplicabilităţii sale.

În aceeaşi ordine de idei, va trebui să fie schimbată radical şi noţiunea de particulă identică cu sine, deoarece primul rol începe să revină transformabilităţii particulei. Din acest punct de vedere, particula dinainte de difuzie şi de după difuzie nu mai este una şi aceeaşi.

Fără îndoială, teoria care va trebui să oglindească procesele ţinînd seama nu numai de continuitatea spaţiului, a timpului şi a mişcării, ci şi de caracterul lor discontinuu, ţinînd seama de generarea şi de anihilarea particulelor „elementare", de transformarea substanţei în cîmp şi invers, nu se va putea mulţumi cu noţiunile şi cu principiile teoriilor fizice, clasice şi moderne şi va elabora noi noţiuni şi principii, menţinînd rezultatele activităţii anterioare a fizicii sub formă de caz limită.

Aşadar, în teoria cuantică a cîmpului şi în fizica particulelor „elementare", în care ideea transformabilităţii reciproce a particulelor fructifică (mai exact, trebuie să fructifice) întregul lor conţinut teoretic, sînt necesare noi noţiuni şi principii fundamentale ale fizicii şi nicidecum negarea rea-

Scanned with OKEN Scanner

lităţii obective a lumii fizice, a necesităţii şi a cauzalităţii obiective în natură.

Aceasta reiese, într-un mod specific, şi din aşa-numitele procese virtuale, care dovedesc, în fond, nu pretinsa încălcare, să zicem, a principiului conservării energiei, ci necesitatea dezvoltării mai departe a noţiunilor şi a principiilor fundamentale ale fizicii cu aplicare la nivelele mai profunde ale materiei infinite.

Ne vom mărgini la aceste observaţii. Dezvoltarea fizicii cuantice şi a teoriei particulelor elementare din zilele noastre dezvăluie noi forme ale conexiunii universale, care nu se încadrează în schemele teoriilor fizice existente. Aceasta este o nouă dovadă a obiectivităţii conexiunii universale, a infinitei ei bogăţii şi inepuizabilităţi.

Fizica actuală confirmă în mod remarcabil cuvintele lui Lenin:

„De la coexistenţă la cauzalitate şi de la o formă de legătură şi de interdependenţă la alta, mai profundă, mai generală“[80].

---

[80] V. I. Lenin, *Opere*, vol. 38, p. 216.

CUPRINS

pag.

Prefață 5

Capitolul I — Principiul cauzalității și rolul său în cunoașterea naturii 7

1. Cauzalitatea. Caracterul obiectiv al cauzalității 10
2. Universalitatea determinării cauzale a fenomenelor 23
3. Caracterul necesar al legăturii dintre cauză și efect 36
4. Continuitatea spațială și temporală a lanțurilor cauzative 43
5. Transferul de materie și de mișcare în lungul lanțurilor cauzative 49
6. Repetabilitatea structurii în verigile lanțului cauzativ 57
7. Lanțurile cauzative sînt „fără început" și „fără sfîrșit". Complexitatea naturii cauzelor . . . 67
8. Ireversibilitatea conexiunii cauzale 75
9. Dependența de condiții a acțiunii cauzei . . . 79
10. Acțiunea efectului asupra cauzei 91
11. Cauzalitatea — „aspect al conexiunii universale". Cauzalitatea și legile naturii 99
12. Cauzalitatea și proprietățile spațiului și ale timpului 107

Capitolul II — Legile de conservare din fizică și determinarea cauzală a fenomenelor naturii . . . 117

1. Apariția ideii de conservare în filozofia antică . 118
2. Principiul inerției — prima lege de conservare a mișcării cunoscută în istorie 127
3. Sistemul inerțial și legile de conservare . . . 133
4. Legile de conservare și conexiunile cauzale mecanice 137
5. Legea conservării energiei și principiul cauzalității 142
6. Legile de conservare în fizica cuantică și legile specifice ale microproceselor 148

Scanned with OKEN Scanner

7. Limitarea legii de conservare a parității și căutarea unor noi legi de mișcare pentru particulele „elementare“ 158

Capitolul III — Conexiunea cauzală și ireversibilitatea timpului 167

1. Zădărnicia încercărilor de a stabili sensul curgerii timpului fără legătură cu relațiile cauzale . . 167
2. Soluția lui H. Reichenbach în problema ireversibilității timpului 175
3. Interpretarea materialist-dialectică a conexiunii cauzale — baza rezolvării problemei ireversibilității timpului 183

Capitolul IV — Cauzalitate și dependență funcțională 192

1. Legătura dintre cauzalitate și dependența funcțională 195
2. Relații funcționale care nu exprimă o conexiune cauzală 200
3. Conexiuni cauzale nefuncționale 205
4. Problema expresiei funcționale a conexiunilor cauzale în știința contemporană 210
5. Problema explicării cauzale a dependențelor funcționale 222

Capitolul V — Relația dintre legile dinamice și legile statistice în fizică 227

1. Legea dinamică 229
2. Legea statistică 233
3. Interpretarea probabilității. Probabilitatea ca proprietate a unei anumite clase de ansamble . 235
4. Interpretarea probabilității. Problema analizei teoretice a noțiunii de probabilitate 241
5. Saltul calitativ în trecerea de la legile dinamice la cele statistice și invers 249
6. Despre cauzele intervenției statisticii în mecanica cuantică 253
7. Interpretarea probabilității în mecanica cuantică și discuția dintre V. A. Fok și D. I. Blohințev . 265

Capitolul VI — Mecanica cuantică și cauzalitatea . . 273

1. Determinismul mecanic 273
2. Crearea mecanicii cuantice și criza determinismului mecanic 276
3. Critica încercărilor de a folosi relația de nedeterminare pentru a renunța la cauzalitate . . 283

Scanned with OKEN Scanner

4. Relația de nedeterminare și cauzalitatea . . . 290
5. Caracterul statistic al mecanicii cuantice și cauzalitatea 296
6. Ecuația lui Schrödinger — expresie a conexiunii cauzale în microprocese 306

Capitolul VII — Lupta filozofică în jurul problemei cauzalității în fizica cuantică 314

1. Realitatea obiectivă și determinarea fenomenelor 315
2. Problema realității obiective în mecanica cuantică și determinismul 321
3. Despre relația dintre determinism și principiul cauzalității în fizică 330
4. Legile statistice și determinismul 338
5. Legile statistice, determinismul și relația de nedeterminare 344
6. Realitatea și posibilitatea în fizica clasică . . 353
7. Noțiunile de realitate și posibilitate în fizica cuantică 361

Scanned with OKEN Scanner

Redactor responsabil de carte: Joltea Aurel
Tehnoredactor: Ana Sabău

Dat la cules: 26. 06. 1963. Bun de tipar: 19. 09. 1963. Apărut: 1963. Tiraj: 4000+130 ex. broşate. Hîrtie: semivelină de 65 gr./m². Format: 61×86/16. Coli editoriale: 23,93. Coli tipar: 23,50. A.: 6820/1963. Indici de clasificare zecimală: pentru bibliotecile mari: 1M226:53. pentru bibliotecile mici: 1M:53.

Tiparul executat sub comanda nr. 4977 la Întreprinderea poligrafică Cluj str. Brassai nr. 5—7. — R.P.R.

Scanned with OKEN Scanner